



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Samuli Vänskä

Akkuteknologian innovaatiot ja yhteiskunta

Akkuteknologian innovaatioiden ja kestävän kehityksen merkitys
tulevaisuuden yhteiskunnan liikenteeseen

Johtamisen yksikkö
Aluetieteen
pro gradu -tutkielma
Hallintotieteiden maisteriohjelma

Vaasa 2020

VAASAN YLIOPISTO**Johtamisen yksikkö**

Tekijä:	Samuli Vänskä
Tutkielman nimi:	Akkuteknologian innovaatiot ja yhteiskunta: Akkuteknologian innovaatioiden ja kestävän kehityksen merkitys tulevaisuuden yhteiskunnan liikenteeseen
Tutkinto:	Hallintotieteiden maisteri
Oppiaine:	Aluetiede
Työn ohjaaja:	Seija Virkkala
Valmistumisvuosi:	2020
	Sivumäärä: 73

TIIVISTELMÄ:

Ilmastonmuutos sekä siitä johtuvat sääilmiöt luovat haasteita nykypäivän yhteiskunnalle. Erilaiset äärisääilmiöt, sekä ilmaston lämpeneminen tulevat tulevaisuudessa vaikuttamaan tulevaisuuden yhteiskuntaan merkittävästi. Tähän vastauksena kuitenkin on luotu erilaisia poliittisia hankkeita sekä ohjelmia, joiden avulla näihin haasteisiin on tarkoitus vastata. Esimerkiksi Suomen ja Euroopan unionin päästötavoitteet ja ilmast sopimukset ovat hyviä esimerkkejä poliittisista ohjelmista, joiden avulla on tarkoitus pyrkiä sopeutumaan ja torjumaan ilmastomuutoksen vaikutuksia. Näihin tavoitteisiin pyritään erilaisten innovaatio- ja rahoitushankkeiden avulla. Varsinkin Euroopan unionin toteuttamat vihreän kasvun ohjelmat ovat mahdollisesti merkittävässä roolissa tulevaisuuden kestävän talouden kehityksessä.

Tutkimus toteutetaan tulevaisuuden tutkimuksena ja aineistonhankintamenetelmänä toimii strukturoitu asiantuntijahaastattelu sekä kirjallisuuskatsaus. Tavoitteena on haastatella akkuteknologian saralla toimivia asiantuntijoita, niin politiikan, käytännön kuin teorian toimijoita. Tutkimukseen osallistuu asiantuntijoita työ- ja elinkeinoministeriöstä, Valmetin autotehtaalta, VTT Oy:n edustajia sekä Aalto yliopistosta että Turun yliopistosta. Haastattelussa heiltä kysytään erilaisia akkuteknologian kehityksen sekä innovaatioon liittyviä kysymyksiä. Näiden kysymysten perusteella on tarkoitus muodostaa tulevaisuuden skenaarioita.

Johtopäätöksistä voidaan todeta, että toimijoilla on halukkuutta innovaatioiden saavuttamiseksi niin akkuteknologian kuin myös muiden kestävän kehityksen ratkaisujen onnistumiseksi. Erilaisia innovaatioalustoja ja -ohjelmia sekä rahoitushankkeita on niin Euroopan unionin kuin myös Suomen toimesta aloitettu viime vuosina runsaasti. Näiden hankkeiden ja rahoitusohjelmien onnistuessa akkuteknologia kehittyy odotetulla tavalla, ja päästötavoitteet voidaan saavuttaa.

Tutkimuksen skenaarioista käy ilmi, että akkuteknologian kehityksellä on suuri merkitys yhteiskunnan kykyyn torjua ja sopeutua ilmastomuutoksen aiheuttamaan paineeseen. Akkuteknologian avulla pystytään tulevaisuudessa tavoittamaan eri poliittisten instituutioiden muodostamat päästötavoitteet. Näitä poliittisia toimijoita ovat Suomen valtio sekä Euroopan unioni. Skenaarioista tulee myös ilmi, että akkuteknologian kehityksen suurin haaste on aika ja se, kuinka nopeasti teknologia pystytään kehittämään. Nopeasti kehitettynä tavoitteisiin päästään nopeammin ja helposti, kun taas maltillisen ja hitaamman kehityksen skenaariossa tavoitteisiin päästään viiveellä.

AVAINSANAT: Ilmastonmuutos, akkuteknologia, yhteiskunta, kestävä kehitys, innovaatioalustat, kestävät innovaatiot, päästöttömyys, kestävä Eurooppa, sähkömoottorit, tavaraliikenne

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Akkuteknologia ja sen rajallisuus	7
1.2	Öljyn huippu	8
1.3	Suomen päästötavoitteet ja niiden aikataulu	9
1.3.1	Tieliikenteen päästötavoite	10
1.3.2	Euroopan unionin päästötavoitteet ja aikataulu	10
1.4	Tutkimusongelma ja -kysymykset	11
1.5	Tutkielman rakenne	12
2	Akkuteknologian tila	14
2.1	Akkutyypit materiaaleittain	15
2.2	Akkujen raaka-ainetarpeet	15
2.3	Akkujen kierrätys	16
2.3.1	Kiertotalous sekä akut	16
2.4	Akkuteknologian innovaatioalustat	19
2.4.1	Euroopan unionin innovaatioalustat	19
2.4.2	Suomen kansalliset innovaatioalustat ja hankkeet	22
3	Liikenne- ja tavaravirrat	27
3.1	Henkilö- ja julkinen liikenne	28
3.1.1	Suomen ajoneuvokanta	28
3.1.2	Akkuteknologian vaikutus henkilöautoliikenteeseen	30
3.2	Tavara- ja kuljetusliikenne	30
3.2.1	Rekkaliikenne	31
3.2.2	Laivaliikenne	33
3.2.3	Lentoliikenne	34
4	Menetelmät ja metodologia	36
4.1	Laadullinen tutkimus	36
4.2	Tulevaisuudentutkimus	38
4.3	Delfoi-metodi	38
4.3.1	Delfoi-paneeli	39

4.4	Delfoi-metodiin pohjautuvan tutkimusprosessin vaiheet	40
4.5	Raportointi	40
4.6	Skenaariotyöskentely	41
4.6.1	Skenaariotyöskentelyn monimuotoisuus	41
4.6.2	Skenaarioiden ongelmat	42
4.6.3	Skenaariotyöskentelyn vaiheet	42
5	Tutkimusprosessi ja skenaariot	46
5.1	SWOT-analyysi	47
5.1.1	Sisäiset ja ulkoiset vahvuudet sekä mahdollisuudet	48
5.1.2	Sisäiset ja ulkoiset heikkoudet sekä uhat	49
5.2	Haastattelun toteutus ja tulokset	50
5.2.1	Akkuteknologian merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa	51
5.2.2	Akkuteknologiaa eteenpäin vieviä ajureita	52
5.2.3	Akkuteknologian kehityksen suurimmat haasteet	53
5.2.4	Tulevaisuudessa eniten kehityskelpoisimmat akkuteknologiat	54
5.2.5	Vastaukset liittyen skenaarioiden aikajanaan	55
5.3	Skenaariot	58
5.3.1	Nopean kehityksen skenaario	59
5.3.2	Maltillisen kehityksen skenaario	60
5.3.3	Hitaan kehityksen skenaario	61
6	Johtopäätökset	63
6.1	Innovaatiot ja niiden toteutuminen	65
6.2	Johtopäätöksiä skenaarioista	66
	Lähteet	68

Kuviot

Kuvio 1. Kiertotalouteen liittyvät keskeiset vaiheet	17
kuvio 2. Euroopan vihreän kehityksen ohjelman suunnitelma	18
Kuvio 3. Suomen akkujen arvoketju	25
kuvio 4. Energiasektorin kasvihuonepäästöistä 2019	27
Kuvio 5. Ensirekisteröinnit tulevaisuudessa.	29
Kuvio 6. Delfoi-metodin vaiheet	40
Kuvio 7. Skenaariotyöskentelyn vaiheet	44
kuvio 8. Akkuteknologian merkitys ilmastonmuutoksen torjumiseen	51
Kuvio 9. Tavara- ja henkilöliikenteen suurimpia haasteita	53
Kuvio 10. Kehityskelpoisimmat akkuteknologiat	54
Kuvio 11. Akkuteknologian merkitys 10 vuoden kuluttua	55
Kuvio 12. Akkuteknologian merkitys 20 vuoden kuluttua	56
Kuvio 13. Eri liikennemuotojen sähköistyminen 2040 mennessä	57
Kuvio 14. Muiden kuin akkuihin perustuvien moottorien merkitys	58

Taulukot

Taulukko 1. Arvoketjun muodostuminen	20
Taulukko 2. Yhteenveto fossiilisten polttoaineiden korvaamisesta	32
Taulukko 3. SWOT-analyysi akkuteknologian sisäisistä ja ulkoisista tekijöistä	48
Taulukko 4. Akkuteknologian kehityksen kannalta eteenpäin vieviä ajureita	52

Lyhenteet

CERA = Cambridge Energy Research Associates

EU = Euroopan unioni

FAIR = Finding innovations to accelerate implementation of electric regional aviation

SWOT-Analysis = Strengths, weaknesses, opportunities and threats analysis

1 Johdanto

Ilmastonmuutos, äärimmäiset sääilmiöt, maailman kantokyvyttömyys, ylikansoittuminen, uusiutuvat energianlähteet sekä talouden onnistumisen uudet mittarit, ovat tällä hetkellä merkittäviä megatrendejä, jotka vaikuttavat kansainvälisesti, rajoista riippumatta (Sitra, 2018, s. 6, 10, 11, 13, 15). Näistä Sitran megatrendikorteista voidaan hyvin nähdä ne haasteet, joihin tulevaisuudessa tai jo nyt on pystyttävä vastaamaan. Tutkimukseni tarkoituksena on pyrkiä kartoittamaan akkuteknologian avulla mahdollisia vastauksia näiden haasteiden luomiin ongelmiin.

Ihmiskunnan resurssien käyttö on suurempi kuin maapallon kantokyky. Vuonna 2016 ihmiskunnan olemassaolo kulutti puolitoista kertaa enemmän maapallon luonnonvaroja kuin maapallolla olisi (WWF, 2016, s. 13). Resurssien rajallisuus sekä ihmisväestön kasvu luovat kasvavaa painetta eri maiden talousjärjestelmille, jotka perustavat järjestelmänsä jatkuvaan kasvuun. Eräitä keskeisiä osia näiden järjestelmien toimintaan ovat tavara- sekä liikennevirrat ja niiden virtojen turvaaminen. Nämä liikenne- ja tavaravirrat tarvitsevat energiaa pysyäkseen toiminnassa. Tämän toiminnan turvaamiseksi tarvitaan energiaa ja tämä energia tällä hetkellä saadaan suurimmaksi osaksi öljystä sekä maakaasusta (Norouzi, Fani & Ziarani, 2020, s. 1).

Liikenne- ja tavaravirtojen turvaamisen haasteet ovat kasvattaneet kysyntää erilaisten uusiutuvien energian muotojen sekä mahdollisesti päästöttömien ratkaisujen muodostumiselle. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset hybridi ajoneuvot, joko osittain tai kokonaan sähköstä käyttövoimansa saavat autot. Nämä ovat lähtökohtaisesti tarkoitettu ainoastaan henkilöautoille, joskin onnistuneen akkuinnovaation ansiosta ne voivat tulevaisuudessa ainakin osittain tai kokonaan korvata myös perinteiset polttimoottorit myös rekoissa ja laivoissa.

Ympäristöongelmien ja energian kestävä saannin turvaaminen ovat luoneet suuret paineet kehittää sekä käyttöönottaa akkuteknologiaa, joka mahdollistaa päästöttömien ajo-

neuvojen valmistuksen ja käyttöönoton arjessa. Erilaisten sähköajoneuvojen, kuten täysin sähköisesti toimivien ajoneuvojen ja ladattavien hybridi ajoneuvojen avulla voidaan pienentää fossiilisten polttoaineiden tarpeellisuutta sekä taistella kasvihuonekaasuja vastaan. (Rui Xiong & Weixiang Shen, 2019, s. 1.)

Akkuteknologia on tulevaisuudessa erittäin merkityksellisessä asemassa ainakin päästöjen minimoinnissa sekä uusiutuvista energianlähteistä saatavan energian säilömisessä.

1.1 Akkuteknologia ja sen rajallisuus

Ilmastonmuutoksen, päästöjen minimoinnin ja öljyn määrän vähenemisen vuoksi monet valtiot ovat enemmässä määrin painottaneet uusien ajoneuvotekniikoiden tärkeyttä, erityisesti sähkötoimisten ajoneuvojen kehitykseen. (Zhang, Li & Wu, 2017, s. 4274.) Tässä kaikessa keskiössä on akku ja sen taustalla piilevä teknologia. Tärkeimpänä ja kehityskelpoisimpana akkuteknologiana pidetään litiumioniteknologiaan perustuvia akkuja. Tämä teknologia tulee myös todennäköisesti olemaan tulevaisuudessa akkuteknologian kehityksen suunta, eikä sitä tulla kovin helposti syrjäyttämään vielä hetkeen. (Zhang ym., 2017, s. 4279.) Litiumioni akkuja on tällä hetkellä melkein pä kaikissa laitteissa, jotka akkua tarvitsevat, kuten esimerkiksi mobiililaitteissa ja kannettavissa tietokoneissa.

Syy miksi litiumioni akkuja käytetään melkein missä tahansa, löytyy litiumioniakkujen kyvystä varastoida energiaa, sekä pitää varausta. Litiumioniakut ovat myös erittäin monikäyttöisiä ja tämä teknologia soveltuu käytettäväksi laajasti niin autoissa, kuin myös uusiutuvan energian säilömisessä. Litiumioniakuissa on kuitenkin muutamia haasteista, joista mainittakoon ainakin hinta sekä tarvittavien materiaalin rajallisuus, joka voi muodostua tulevaisuudessa ongelmaksi. Varsinkin hinta on usein merkittävä ongelma, joka hidastaa litiumioniakkujen käytön laajenemisesta uusiutuvien energia applikaatioiden käyttöön. (Nitta, Wu, Tae Lee & Yushin, 2015, s. 252.)

Tämä on merkityksellistä aluetieteellisessä mielessä siitä syystä, että länsimaalainen talous- ja hyvinvointijärjestelmä perustuu kansainvälisiin kuljetus- ja tuotantoketjuihin. Vaikka akkuteknologian merkitys edellä mainittujen ketjujen toiminnassa onkin vielä sivuroolissa, tulee se jossain vaiheessa nousemaan suureksi tekijäksi tulevaisuuden kannalta. Se miksi akkuteknologia tulee olemaan merkittävää lähitulevaisuudessa ja miksei jo nykypäivänäkin, juontaa juurensa ilmastoon, sekä maapallon kantokyvyn rajallisuuteen. Nämä ketjut ovat suurelta osin tällä hetkellä täysin riippuvaisia fossiilisista polttoaineista, rajallisista raaka-aineista sekä resursseista.

1.2 Öljyn huippu

Ihmiskunnan tärkeimpinä energian lähteinä toimivat öljy, maakaasu sekä sen johdannaiset. Raakaöljy käsittää 33.1 prosenttia ja maakaasu 21.9 prosenttia maailman koko energian tarpeesta. Raakaöljyn ja maakaasun tärkeyden vuoksi ne ovat myös erittäin isossa roolissa maailman poliittisessa ja taloudellisissa suhteissa. (Norouzi yms., 2020, s. 1.) Öljy on suurin mekaanisten kuljetuslaitteiden kuten esimerkiksi autojen, rekkojen, laivojen sekä lentokoneiden polttoaine (Hirsch, Bezdek & Wendling, 2005, s. 8.)

Erilaisten tarkastelujen ja raporttien sekä skenaarioiden ja ennusteiden mukaan öljy tulee näkemään huippunsa seuraavien kolmen vuosikymmenen aikana. (Norouzi ym., 2020, s. 1.) Öljyn huipulla (oil peak) tarkoitetaan siis tilannetta, jossa öljyä käytetään enemmän kuin uusia lähteitä löytyy, eli öljyn käyttö ylittää mahdolliset varainnot.

Öljyn huipun on ennustettu tapahtuvan usean eri lähteen mukaan useaan eri aikaan. Esimerkiksi Shell on ennustanut sen tapahtuvan vasta vuoden 2025 jälkeen ja World Energy Council on ennustanut sen tapahtuvan joskus vuoden 2010 jälkeen. Muita arvioita on tehnyt CERA (Cambridge Energy Research Associates), joka arvioi öljyhuipun tapahtuvan vuoden 2020 jälkeen. (Hirsch ym., 2005, s. 8.)

Öljyn huippu on teoriana mielenkiintoinen ja merkityksellinen akkuteknologian kehityksen kannalta. Akkuteknologian kehityksen mielekkyyden kannalta öljyn huippu on mahdollinen ajuri akkuteknologian nopeankin kehityksen lähtölaukaukseksi, vaikka öljyn huipun teoriassa onkin monia erilaisia arvioita mihin asti öljyvarannot riittävät ja kuinka paljon öljyä mahdollisesti maaperässä on. Sitä ei myöskään ilmastonmuutoksen aikakaudella voida vain sivuuttaa, vaikka arvio ei aivan tarkka olisikaan, koska fossiilisen polttoaineen kuten öljyn merkitys on yhteiskunnan toiminnan kannalta suuri. Myös fossiilisten polttoaineiden ja resurssien rajallisuus on hyvin dokumentoitu.

1.3 Suomen päästötavoitteet ja niiden aikataulu

Suomen istuvan hallituksen hallitusohjelman mukaan, Suomen on tarkoitus saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Tämä on tarkoitus mahdollistaa nopeuttamalla päästövähennystoimia ja vahvistamalla hiilinieluja. Suomi on sitoutunut uudistamaan Euroopan unionin mukaista ja kansallista ilmastopolitiikkaansa siten, että tarkoituksena on saavuttaa oma osuus maailman keskilämpötilan nousun rajoittamiseksi 1,5 asteeseen. Suomi tukee EU:n pitkän aikavälin ilmastotoimia, jotta EU saavuttaa hiilineutraaliuden ennen vuotta 2050. Jotta edellä mainittu tavoite toteutuu, Suomen on tiukennettava vuoden 2030 päästövähennysveloitettaan minimissään 55 prosenttiin vuoteen 1990 verrattuna. Pohjoismaista ilmasto- ja energiayhteistyötä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi on myös tarkoitus jatkaa hallitusohjelman aikana. (Marinin hallitusohjelma, 2019, s. 33.)

Suomen päästötavoitteet ovat myös yksi tämän tutkielman aikajänteen muodostumisen lähtökohdat. Tutkimuksen akkuteknologian kehityksen aikajänne on muodostettu suoraan Euroopan unionin ja Suomen kansallisen päästötavoitteen aikataulun mukaan. Tarkoituksena on tarkastella akkuteknologian kehitystä vuodesta 2020 vuoteen 2030 ja siitä jatkaa aina lopulta 2040 vuoteen asti. Tämä oli luonnollinen valinta, joka menee hyvin samoilla linjoilla erilaisten isojen poliittisten strategioiden kanssa.

1.3.1 Tieliikenteen päästötavoite

Pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelma sisältää tällä hallituskaudella tiekartan fossiilittomaan liikenteeseen. Tässä hallitusohjelman tiekartassa (hankenumero LVM05-0:00/2019) esitellään keinot, joiden avulla Suomi saa kotimaan liikenteen kasvihuonekaasut puolitettua 2030 mennessä ja ne pyritään muuttamaan nollapäästöiseksi viimeistään vuonna 2045. Tämä tiekartta käsitellään valtioneuvoston istunnossa syksyllä 2020. (Valtioneuvosto, 2019.)

Marinin hallituksen hallitusohjelman mukaan Suomi on onnistunut vähentämään päästöjään yli 21 prosenttia vuoden 1990 tasosta ja saavuttanut Euroopan unionin vuoden 2020 ilmastotavoitteet etuajassa. Kuitenkin 1,5 asteen tavoite tarkoittaa myös kansallisten päästövähennysten tiukentamista. (Marinin hallituksen hallitusohjelma, 2019, s. 33.)

Tieliikenteen päästötavoitteet ovat merkityksellisiä akkuteknologian innovaatioiden kanalta. Akkuteknologian avulla pystytään saavuttamaan haluttu päästötavoite ja viemään tieliikenteen ajoneuvokantaa kohti uusiutuvilla energiavaroilla tuotettuja sähköajoneuvoja, joko kokonaan sähköisenä tai ladattavina hybridiajoneuvoina.

1.3.2 Euroopan unionin päästötavoitteet ja aikataulu

Euroopan unionin ilmastotavoitteet ovat hyvin samankaltaiset Suomen kansallisten ilmastotavoitteiden kanssa. Euroopan unioni on yhdessä sitoutunut pääsemään hiilineutraaliksi vuoteen 2050 mennessä. Tämä on myös sama tavoite kuin aikaisemmin tehty Pariisin ilmastosopimus. (Eurooppa neuvosto, 2020, s. 1–2.) Tämä on tarkoitus toteuttaa erilaisten hiilineutraalien kiertotalousjärjestelmien avulla. Näitä järjestelmiä ovat esimerkiksi investoinnit ilmastoneutraaliin kiertotalouteen sekä kiertotalouden toimintasuunnitelman mukaiset toimet.

1.4 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tutkimusongelma muodostuu seuraavanlaisesti. Tarkoituksena on tutkia akkuteknologian innovaation tai sen puuttumisen merkitystä yhteiskunnan haluun saavuttaa päästötavoitteet aikana, jolloin ilmastomuutos aiheuttaa painetta muutokselle, sekä öljyn huippu uhkaa taloudellisia ja poliittisia järjestelmiä.

Tutkimuskysymyksiä on kolme ja ne ovat:

- 1. Mikä on akkuteknologian ja sen tutkimuksen tämänhetkinen tila?*
- 2. Millainen rooli akkuteknologialla on vähäpäästöisemmän, tai jopa päästöttömän, yhteiskunnan muodostumisessa tulevaisuudessa?*
- 3. Mitkä ovat ne keskeiset yhteiskunnalliset tekijät ja asiat, jotka mahdollistavat tarvittavan akkuteknologian kehityksen, jotta vähempi päästöinen yhteiskunta voidaan saavuttaa?*

Ensimmäiseen kysymykseen vastataan vain yleisesti tarkastelemalla akkuteknologian ja sen innovaation tilaa kirjallisuuskatsauksella, mutta kuitenkin menemättä sen tarkemmin teknologisiin ja teknisiin yksityiskohtiin.

Toisen kysymyksen vastauksen avulla on tarkoitus avata syitä siihen mikä on akkuteknologian suhde yhteiskunnan poliittisiin ja taloudellisiin tavoitteisiin, kun puhutaan päästöttömästä yhteiskunnasta ja kehityksestä. Tarkoituksena on avata akkuteknologian merkitystä ajoneuvojen ja erilaisten tavaraliikenteen muotojen päästöttömyyden tavoittelun onnistumisessa.

Kolmannen kysymyksen ajatuksena on tarkastella niitä yhteiskunnallisia avaintekijöitä sekä -toimijoita, joiden avulla tarvittavat innovaatioalustat ja innovaatiot voidaan saavuttaa, jotta akkuteknologia voisi kehittyä. Tämän kysymyksen tarkoituksena on myös

yhdistää ne poliittiset tekijät ja toimijat siihen, kuinka kokonaisuudessaan akkuteknologian avulla pystytään torjumaan päästöjä ja näin ollen saavuttaa päästöttömämpi yhteiskunta.

1.5 Tutkielman rakenne

Tutkielman rakenne muodostuu seuraavanlaisesti. Johdannon jälkeen tulee akkuteknologian ja sen innovaatioihin liittyvää teoriaa, jonka tarkoituksena on kartoittaa akkuteknologian tämänhetkinen yhteiskunnallinen merkitys sekä erilaisten poliittisten toimijoiden luomia akkuteknologiaan liittyviä innovaatioalustoja sekä hankkeita. Tämä sisältää niin kansainvälisiä kuten esimerkiksi Euroopan unionin alustoja ja kehityshankkeita. Euroopan unionin roolin lisäksi teoriaosuus käsittää myös Suomen kansallisia innovaatioalustoja ja hankkeita. Mukana on mm. Merenkurkun neuvoston järjestämä FAIR-sähkölentohanke.

Luvussa kolme käsitellään myös sähköajoneuvojen määrää sekä niiden akkuteknologiaa. Tämä lähinnä Suomen kansallisella tasolla. Tutkielman on alueellisesti rajattu lähinnä Suomen ajoneuvoihin mutta Euroopan unionin puitteissa. Tämä siksi, että Suomi kuuluu poliittisesti sekä taloudellisesti Euroopan unioniin ja varsinkin päästö- ja ilmastopoliittisesti tavoitteet sekä ideologiat ovat pitkälti samoja molemmilla toimijoilla.

Teoria osuuden jälkeen tarkoituksena on hieman tutustua tutkielmassa käytettyyn metodologiaan ja menetelmiin luvussa neljä. Tutkielma on tulevaisuuden tutkimusta, jonka lopulliset tulokset muodostuvat tulevaisuuden skenaarioista. Tässä tapauksessa skenaarioiden on tarkoitus vastata kysymykseen, onko akkuteknologian innovaatiolla ja kehityksellä mitään merkitystä yhteiskunnan kykyyn torjua ja sopeutua ilmastonmuutoksen luomiin haasteisiin. Menetelmänä on yksinkertaistettu delfoi-metodi ja käytännön toteutuksena toimii strukturoitu asiantuntijahaastattelu. Tämän haastattelujen pohjalta luodaan skenaariot.

Luvussa viisi analysoidaan tutkielman metodologian ja aineiston analyysin avulla saavutetut tulokset. Haastatteluaineisto käsitellään jakaumina, skenaarioina sekä lopullisina johtopäätöksinä. Skenaariot ovat tämän tutkielman lopullinen tavoite. Johtopäätösluvun tehtävänä on vetää yhteen tuloksia, vastata tutkimuskysymyksiin ja pohtia hieman menetelmiä, sekä kartoittaa mahdollista jatkotutkimuksen tarvetta.

2 Akkuteknologian tila

Erilaisia akkutyypppejä on monia. Niin EU:n paristo- ja akkudirektiivin (2006/66/EY) kuin myös Suomen kansallisen lainsäädännön mukaan paristot ja akut jaotellaan kolmeen pääluokkaan käyttötarkoituksen mukaan. Nämä kolme luokkaa ovat kannettavat akut ja paristot, ajoneuvojen akut sekä paristot ja teollisuudessa käytettävät akut ja paristot. (Valio, 2019, s. 4.)

Paristot luokitellaan akuiksi, kuitenkin akuista poiketen ne voidaan purkaa ainoastaan kerran eikä niitä voida enää uudelleen ladata. (Valio, 2019, s. 4.) Tässä tutkielmassa kuitenkin on tarkoitus paneutua ainoastaan ladattavien akkujen toimintaan sekä niiden teknologian kehitykseen. Tarkoituksena on myös rajata akut ainoastaan liikenteen sovelluksiin.

Tällä hetkellä Suomessa ei toimi yhtään isompaa akkutehdasta. Ainoastaan akkujen valmistuksessa tarvittavien raaka-aineiden tuotantoa löytyy Suomesta. Varkaudessa toimi vuosina 2010–2013 akkutehdas, mutta se syystä tai toisesta ajettiin alas. Euroopan akkuteknologia yhtiö on ilmoittanut aloittavansa Suomessa jälleen akkujen valmistuksen, mutta tätä ei ole vielä tapahtunut. (Adolfsson-Tallqvist, Ek, Forstén, Heino, Holm, Jons-son, Lankiniemi, Pitkämäki, Pokela, Riikonen, Rinkkala, Ropponen & Roschier, 2019, s. 31.)

Akkuteollisuuden kasvua rajoittavat osin tärkeiden raaka-aineiden saatavuus sekä tuotannon ja jalostuksen keskittyminen harvojen toimijoiden käsiin. Esimerkiksi koboltin tuotannon keskittyminen Kongoon sekä sen jalostuksen keskittyminen Kiinaan herättää huolia eurooppalaisten toimijoiden keskuudessa. (Kauranen ym., 2018, s. 1.)

2.1 Akkutyypit materiaaleittain

Merkittävimmät ladattavien akkujen tyypit materiaalin mukaisesti luokiteltuina ovat litiumioniakut (Li), lyijyakut (Pb), nikkelimetallihydridiakut (NiMH) sekä nikkelikadmiumakut (NiCd). Ne vaihtelevat ominaisuuksiltaan sekä näillä akkutyypeillä on erilaiset optimaaliset sovelluskohteensa. Tällä hetkellä suurin osa ladattavista akuista markkinoilla on lyijyakkuja. Niiden markkinaosuus oli 75 prosenttia (energiamäärästä laskettuna) vuonna 2017. Tämä osuus on kuitenkin vähitellen laskenut erilaisten sovelluskohteiden kehityksessä ja litiumioniakkujen merkityksen kasvaessa. (Valio, 2019, s. 5.)

Liikenteessä käytettävissä sähköajoneuvoissa käytetään neljää erilaista akkutyyppiä. Kaikkein yleisin näistä akkutyypeistä ovat sähköajoneuvoissa litiumioniakut, niiden suorituskyvyn ja hinnan vuoksi. Muita liikenteessä käytettäviä akkutyppejä ovat lyijyakut, nikkelimetallihydridiakut sekä nikkelikadmiumakut. (Wang, Wang & Yang, 2020, s. 1).

2.2 Akkujen raaka-ainetarpeet

Sähköauton akustoon nykyteknologialla tarvitaan keskimäärin 8 kg litiumia, 10 kg nikkeliä sekä mangaania ja kobolttia kutakin sekä 50 kg grafiittia. Tästä voidaan laskea, että 10 miljoonan sähköllä toimivan auton tarve olisi 80.000 tonnia litiumia, 100.000 tonnia nikkeliä, mangaania ja kobolttia sekä 500.000 tonnia grafiittia. Tämä tarkoittaisi globaalin litiumin tuotantotarpeen kolminkertaistumista sekä grafiitti ja koboltti tuotantotarpeen kaksinkertaistumista (Kauranen ym., 2018, s. 5.)

Sähköajoneuvojen kysynnän kasvaessa jatkuvasti tarvitaan akkujen tuotantoon lisää kapasiteettiä. Tämä kapasiteetti pitää onnistua saavuttamaan puhtaasti, jotta akkuteknologian päästöttömyys ei kärsi. Tähän Euroopan unioni sekä Suomi pyrkivät vastaamaan kattavilla kierrätys sekä kiertotalousmalleilla.

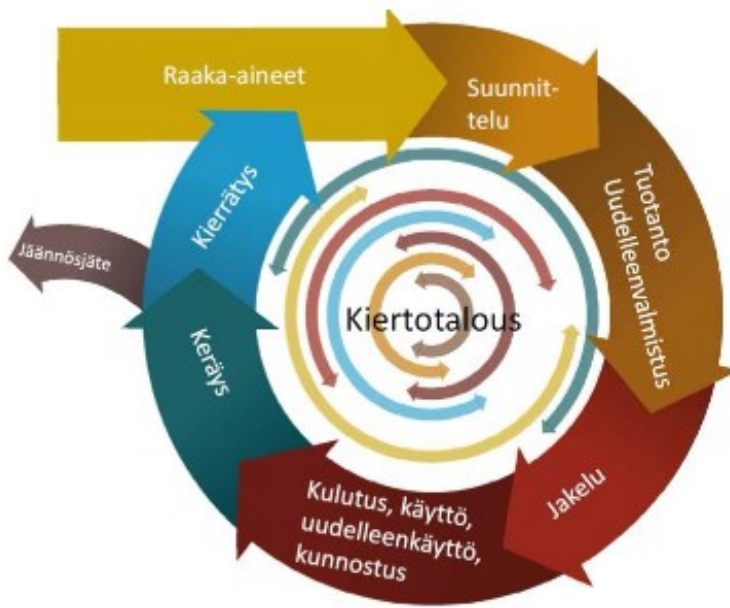
2.3 Akkujen kierrätys

Akkujen kierrätys on kiertotalouden ja päästöttömyyden kannalta merkittävässä osassa akkuteknologian ekoloogisuuden kasvattamisessa. Mitä paremmin pystytään akkuja ja paristoja kierrättämään ilman hukkaan menevää osuutta sitä paremmin akut ja paristot pysyvät kierrossa luoden näin ollen useasti käytettäviä akkuja. Tämä pienentää tarvetta kaivaa uusia mineraaleja ja näin ollen pienentää tuotannosta johtuvia sivupäästöjä ja muuta energian tarvetta.

Suomi on Euroopan johtavia akkumetallien- ja kemikaalien toimittajia jo nyt, joten suomalaisten toimijoiden tulisi olla aktiivisia Euroopan komission muodostamassa akkuteollisuuden kehittämiseen tähtäävissä keskusteluissa, jotta saatava hyöty materiaalien jalostamisesta jäisi suurilta osin Suomeen (Kauranen, Lundström, Kivikytö-Reponen & Lammi, 2018, s. 1).

2.3.1 Kiertotalous sekä akut

Kiertotalouden onnistuminen yhteiskunnassa vaatii systemaattisen muutoksen. Kiertotalouden tarkoituksena on käyttää tuotantoon otetut resurssit mahdollisimman tehokkaasti, pitää ne pitkään kierrossa ja hyödyntää jo käytöstä poistetut materiaalit. Kiertotalouden onnistumiseksi tuotteiden tulee olla suunnitellusti pitkäikäisiä ja korjattavia. Ihannetapauksessa kiertotalouden onnistuessa jätettä ei synny lainkaan. (Karppinen, Kauranen, Lammi, Antikainen, Huttunen-Saarivirta, Kallio, Karttunen, Koukkari, Lundström, Majaniemi, Naumanen & Repo, 2019, s. 1.)

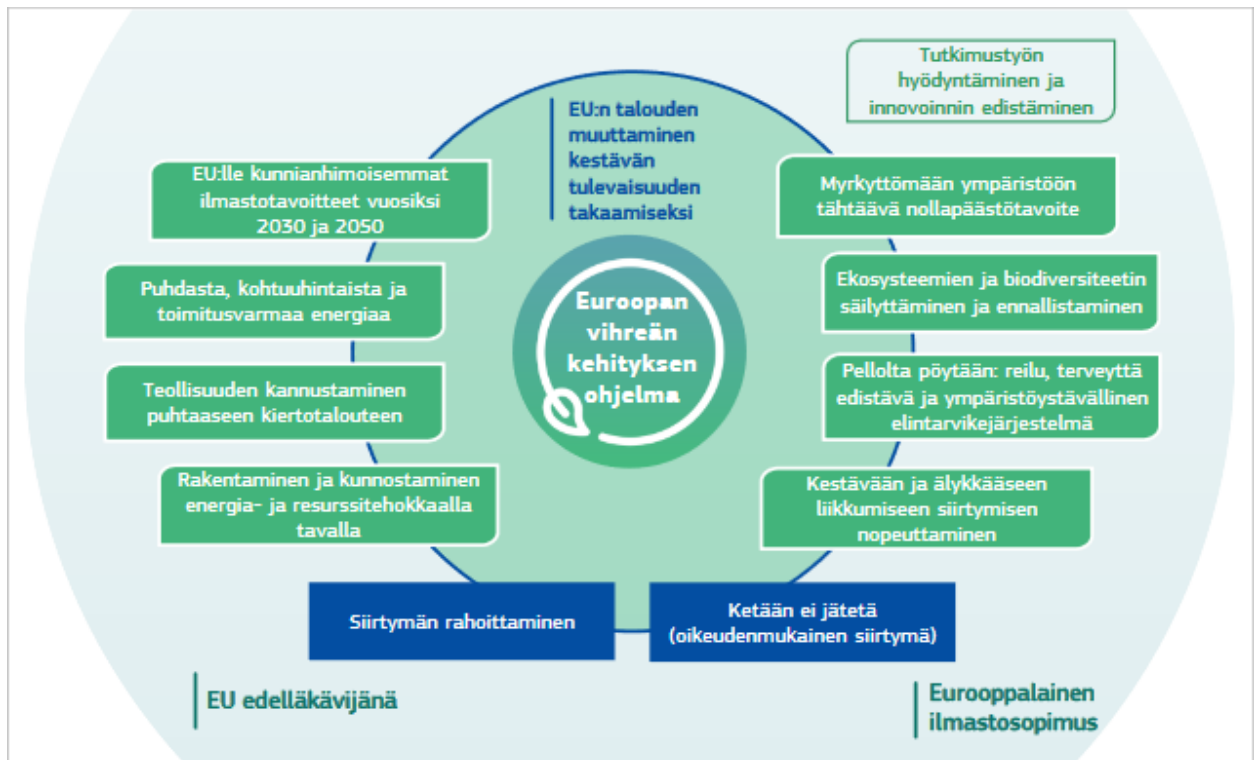


Kuvio 1. Kiertotalouteen liittyvät keskeiset vaiheet (Euroopan komissio, 2014, s. 5).

Yllä olevassa kuvassa on Euroopan komission kiertotalouteen liittyvässä tiedonannossa hahmoteltu kuvio kiertotalouden toiminnasta. Kuvassa näkyy kiertotalouteen keskeisesti liittyvät vaiheet.

Euroopan unionin vihreän kehityksen ohjelman (2019, s. 9) mukaan kestävien tuotteiden politiikalla on mahdollista vähentää jätteen määrää huomattavasti. Jätteen syntymistä ei voida välttää, se on pystyttävä hyödyntämään taloudellisesti sekä sen vaikutukset ympäristöön että ilmastoon on estettävä tai ainakin minimoitava. Tämän sopimuksen mukaan sen onnistuminen edellyttää uudenlaista lainsäädäntöä, tavoitteita ja toimenpiteitä, joiden avulla pyritään puuttumaan ylipakkaamiseen sekä jätteen syntymiseen. (Euroopan unioni, 2019, s. 9.)

Euroopan komissio haluaa edistää uusioraaka-aineiden markkinoita ja haluaa näin ollen tehdä kierrätysmateriaalien käytöstä pakollisia esimerkiksi ajoneuvojen, rakennusmateriaalien, pakkausten ja akkujen valmistuksessa (EU komissio, 2019, s. 9). Tämä tarkoittaa sitä, että komissio haluaa edistää kiertotalouden ja kierrätyksen toimintaa alueellaan.



kuvio 2. Euroopan vihreän kehityksen ohjelman suunnitelma (EU komissio, 2019).

Kuviossa on paloiteltu Euroopan komission vihreän kehityksen ohjelman tarkoitukset ja tavoitteet. EU:n on tarkoitus pyrkiä toimimaan kansainvälisenä johtajana ja rahoittajana, jotta vihreän kehityksen ohjelman sovitut tavoitteet toteutuvat. Vihreän kehityksen ohjelman sisällä ovat myös EU:n ajatuksia liittyen akkuteknologiaan, akkustrategiaan sekä parempaan tulevaisuuden kiertotalouteen.

Suomessa akkujen sekä patterien kierrätys, kuljetus ja keräys on toteutettu tuottajavastuujärjestelmän kautta. Tämä tarkoittaa, että järjestelmän rakentamisesta ja sen kustannuksista sekä järjestelmän tiedottamisesta ovat vastuussa tuottajat, eli akkujen valmistajat sekä maahantuoja. Tämä tuottajavastuujärjestelmä ei kuitenkaan sisällä teollisuusakkuja, jotka ovat kuluttajakäytössä kuten esimerkiksi sähköpyörien akut. (Valio, 2019, s. 37.)

Suomessa on myös erilaisia kiertotalouden hankkeita kuten esimerkiksi CloseLoop -hanke, joka järjesti yhteensä neljä työpajaa. Näistä työpajoista kolme keskittyi alueellisen

tason kiertotalouden kehitykseen. Paikkakuntia, joihin CloseLoop -hanke keskittyi, olivat Kokkola, Pori ja Lappeenranta. (Karppinen ym., 2019, s. 2.)

Kiertotalouden merkitys akkuteollisuuden sekä sen teknologian kehityksen kannalta on suuri. Tämä siksi, että akkuteknologian tuotannon osuus on keskittynyt raaka-aineiden rajallisuuden vuoksi. Tehokkaan kiertotalouden ja kierrätyksen avulla voidaan lieventää jonkin verran rajallisten raaka-aine tuotannon aiheuttamia haasteita. Kiertotalouden ansiosta myös akkujen ekoloogisuus ja päästöttömyys korostuvat.

2.4 Akkuteknologian innovaatioalustat

Akkuteknologian innovaatiot ovat nyt poliittisesti hyvin paljon esillä. Erilaiset poliittiset toimijat haluavat tuoda erilaisia ratkaisuja ilmastoon liittyviin kysymyksiin ja pyrkiä varmistamaan energiateollisuuden mukautuvan vihreisiin poliittisiin tavoitteisiin. Akkuteknologia kuuluu ainakin osana Suomen työ- ja elinkeinoministeriön akkustrategiaan, sekä kansainvälisesti Euroopan unionin vihreän kehityksen ohjelmaan.

Innovaatioiden saavuttaminen varsinkin uusiutuvien energianlähteiden suhteen on usein hankalaa. Tämä siksi, että innovaatioiden on hankala syrjäyttää jo vakiintuneita vanhoja tapoja, rakenteita ja prosesseja (Kang & Hwang, 2016, s. 472). Innovaatioiden tekeminen ei siis ole yksinkertaista, koska jo olemassa olevien rakenteiden ja asenteiden on hankala muuttua nopeasti.

2.4.1 Euroopan unionin innovaatioalustat

Euroopan unionin komission vihreän kehityksen ohjelmassa on haluttu korostaa eri tahojen yhteistyötä akkujen ja kiertotalouden saralla (EU komissio, 2019, s. 9). Tämä vihreän kehityksen ohjelma sisältää myös Euroopan unionin akkustrategian. Akkustrategi-

alla on tarkoitus tavoitella akkualan yhteenliittymää Euroopan unionin alueella. Tällä halutaan luoda Eurooppaan akkujen arvoketju. Siihen on nyt jo liittynyt noin 260 teollista toimijaa sekä investointitoimijaa. Verkoston ohjaajana toimii EIT, eli Euroopan innovaatio- ja teknologiainstituutin osaamis- ja innovaatioyhteisö). Tämän ketjua ohjaava EIT on ilmoittanut jo 100 miljardin euron yksityisistä sijoituksista, jotka kattavat koko arvoketjun. (Euroopan komissio, 2019.)

Taulukko 1. Arvoketjun muodostuminen (Eurooppa komissio, 2019).



Yllä olevassa kuvassa hyvin esitettynä Eurooppa komission arvoketjun kehityksessä mukana olevat jäsenvaltiot, osallistujat sekä mihin hankelohkoon kukin osallistuja kuuluu. Kuvassa on myös hyvin avattu Euroopan yhteistä etua koskevan kehityshankkeen arvoketjun sisältöä ja muodostumista.

Tämän akkuja koskevan strategian täytäntöönpanon toimintasuunnitelman sijoittajat ovat jo ilmoittaneet ensisijaisten ja toissijaisten raaka-aineiden tuotannon aloittamisesta

Euroopassa. Myös useat eurooppalaiset yhteenliittymät suunnittelevat muita investointeja akkutuotantoon. Akkutuotannon tehtaita on tarkoitus tuoda lähiaikoina ainakin Ruotsiin, Suomeen sekä Puolaan. Suomen ja Puolan tehtaiden on tarkoitus keskittyä kiertätykseen ja materiaaleihin. (Euroopan komissio, 2019.)

Euroopan komission vihreän kehityksen ohjelman lisäksi Euroopan komissio on tehnyt kestävän Euroopan investoinnin ohjelman. Tämän ohjelman tarkoituksena on olla yksi vihreän kehityksen ohjelman rahoituksen pilareista. Kestävän Euroopan investoinnin ohjelman ajatuksena on löytää rahoitusta niille projekteille, jotka edesauttavat kestävän Euroopan suunnitelman tavoitteiden toteutumista. Tämän investointiohjelman tarkoituksena on myös avata mahdollisuuksia uusille toimijoille sekä mahdollistaa vanhojen toimijoiden toiminnan muokkaamista. (Euroopan komissio, 2020, s. 1.)

Kestävän Euroopan investointiohjelman on tarkoitus toteutua kolmessa ulottuvuudessa. Ensimmäisenä on tarkoitus kartuttaa noin yhden biljoonan verran rahaa erilaisiin kestävän kehityksen investointeihin. Tämä raha on tarkoitus saada Euroopan unionin yhteisen budjetin sekä yksityisen sijoittajien kautta. Yritysten ja yksityisten sijoittajien mukaan saamiseksi EU:n on tarkoitus tehdä erilaisia takauksia. (Euroopan komissio, 2020, s. 2.)

Toisena tarkoituksena on muodostaa mahdollistavia puitteita yksityisille sijoittajille ja julkiselle sektorille. Tavoitteena on mahdollistaa kustannustehokas, tasa-arvoinen sekä sosiaalisesti tasapainoinen järjestelmän muutos. Rahoituslaitosten ja yksityisen sijoittajien on kyettävä tunnistamaan kestävien investointien hyödyt tehokkaasti. Julkisen sektorin toimijoille sekä hankkeille, Euroopan erilaiset ilmasto- ja investointiohjelmien toimijat ovat valmiita tunnistamaan erilaiset kestävän kehityksen investointien kannattavuudet. (Euroopan komissio, 2020, s. 2.)

Kolmannen ulottuvuuden mukaan Euroopan unioni on suunnitellut tukevansa räätälöidysti julkisia päätöksentekijöitä sekä projektien esittelijöitä tunnistamaan, järjestelmään ja toteuttamaan kestäviä projekteja. Varsinkin jo olemassa olevien järjestelmien vahvistaminen on tärkeää. (Euroopan komissio, 2020, s. 2.)

Euroopan unionin yhteistyön avulla on tarkoitus rakentaa Euroopan alueella kattavat lähtökohdat toimia vihreämmän tulevaisuuden teollisuuden saralla. Nämä vihreämmän kehityksen sekä vihreiden investointien ohjelmat edesauttavat huomattavasti erilaisten akkuteknologian innovaatioiden syntymistä. Myös erilaisten toimijoiden mukaan saaminen helpottuu, jolloin akkuteknologian innovaatioiden luominen helpottuu. Tässä alaluvussa mainituissa EU:n hankkeissa hienointa on sen luomat yhteistyöalustat ja mahdollisuudet. EU on hankkeita suunnitellessaan ottaneet huomioon niin yksityiset kuin julkisen puolen toimijat ja tahot.

2.4.2 Suomen kansalliset innovaatioalustat ja hankkeet

Työ- ja elinkeinoministeriö on käynnistänyt 2020 Suomen kansallisen akkustrategian laatimisen. Suomi haluaa vahvistaa omaa rooliaan akkutuotannon kestävässä kehityksessä sekä kierrättämisessä. Tämän strategian taustalla on Työ- ja elinkeinoministeriön muodostama työryhmä. Strategian on tarkoitus valmistua 2020 ja 2021 vuodenvaihteessa. Suomen on tarkoitus mukailla akkustrategiassaan Euroopan unionin akkustrategiaa. (Työ ja elinkeinoministeriö, 2020.)

Merenkurkun neuvoston FAIR-hanke

Vaasan alueen FAIR-projekti on myös yksi akkuteknologian innovaatioista hyötyvä hanke. Hankkeen tarkoituksena on kartoittaa ja onnistua valmistamaan paikallinen sähkölento-reitti merenkurkun alueella yli. Hankkeen takana on Merenkurkun neuvosto. Sen tavoitteena on kartoittaa mahdollisia sähköisiä lentoreittejä ja niiden sosio-ekonomisia vaikutuksia reittien alueilla. (Merenkurkun neuvosto, 2020.)

FAIR-hankkeen lähtökohtana on tutkia sitä, onko mahdollista luoda päästöttömiä lentoreittejä, jotka ovat taloudellisesti hyvinkin kilpailukykyisiä. Hankkeen tavoitteena on vastata merenkurkun alueen tulevaisuuden haasteisiin, joita ovat mm. demografian muutos, urbanisaatio, pitkät välimatkat sekä itä-länsi akselin kommunikaation puute. (Merenkurkun neuvosto, 2020.)

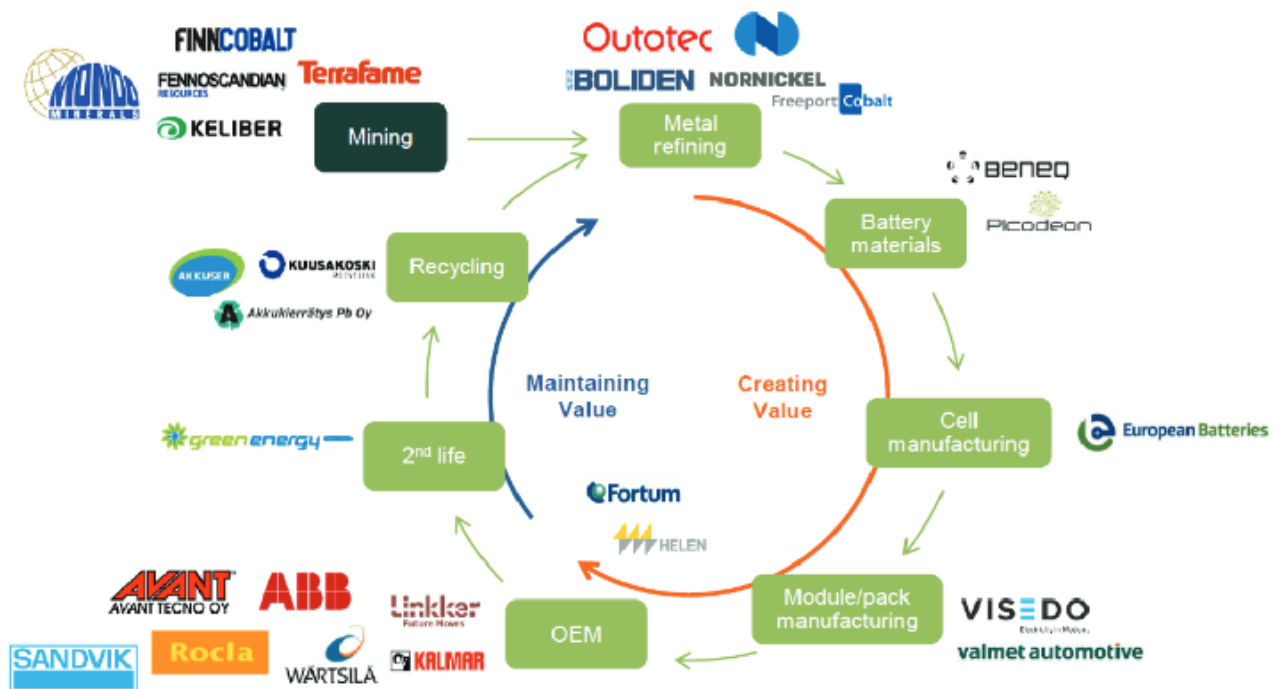
FAIR-projekti on vasta suunnitteluvaiheessa ja Merenkurkun neuvoston toimijat kertovat verkkosivuillaan, että he uskovat sähköisen lentoliikenteen kehittyvän seuraavan viiden vuoden aikana merkittävästi, jotta hanke voidaan toteuttaa täysimääräisenä. Merenkurkun neuvoston verkkosivuilla kerrotaan sähköisen lentoliikenteen teknologisen kehityksen olevan nopeaa. (Merenkurkun neuvosto, 2020.) Tämä hanke on mielenkiintoinen ja luo onnistuessaan mielenkiintoisia tulevaisuuden näkymiä, akkuteknologian ja päästöttömän matkustamisen suhteen.

Smart Energy Transition-hanke

Smart Energy Transition on tutkimushanke, jota vetää Aalto yliopisto. Sen tarkoituksena on tutkia ja seurata uusien energiateknologioiden kehitystä, sekä niiden tarjoamia mahdollisuuksia parantaa Suomen kansallisen energiajärjestelmän toimintaa. Hankkeen tarkoituksena on tarjota myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille. (Lovio & Tuomi, 2018, s. 1.)

Lovion ja Tuomen (2018) mukaan akkuteknologioiden sekä -liiketoiminnan seuraaminen on tärkeää siksi, koska vuosi 2017 olisi Suomessa tämän alueen liikkeellelähtövuotena. Myös akkualan kehitykseen on pantu paljon toiveita, eri toimijoiden tahoilta. Erilaisia hankkeita ja kokeiluja on paljon. Smart Energy Transition -hankkeen tarkoituksena on tutkia näitä liikkeellelähtöjä sekä kokeiluja ja kartoittaa kuinka Suomi voi hyötyä näistä uusista akkualan projekteista.

Se miten Suomi pystyy hyötymään energiamurroksen osa-alueesta, on listattu seuraavanlaisesti. Sähkömarkkinaregulaatiota ja verotuskäytäntöjä pyritään kehittämään niin että akut nähdään yhtenä, uutena, omanlaisena ja yleistyvänä sähköjärjestelmän komponenttina. Viranomaiset sekä yritykset yhdessä jatkavat ja laajentavat käynnistynyttä kokeilutoimintaa ja aikaisemman opin perusteella lähtevät kasvattamaan sopivia liiketoimintamalleja. Tämän lisäksi pyritään hyödyntämään koko akkujen arvoketjuun liittyvät liiketoimintamahdollisuudet aina kaivostoiminnasta akkujen käyttöön liittyviin ohjelmistoihin. Sekä viimeisenä listassa ovat alan koulutuksen ja tutkimuksen laajentaminen (Lovio & Tuomi, 2018, s. 1.)



Kuvio 3. Suomen akkujen arvoketju (Kauranen ym., 2018).

Yllä olevassa kuvassa (kuvio 3) on esitetty kaavion kautta Suomessa toimiva arvoketju. Arvoketju sisältää kiertotaloudelle tyypillisen kierron, joka alkaa materiaalin tuotannosta. Kuviossa materiaalin tuotannosta vastaavat toimijat ovat mm. erilaisia kaivoksia, kuten esimerkiksi Terrafame. Raaka-aineiden louhimisen jälkeen, ne jalostetaan akkujen raaka-aineiksi. Raaka-aineista akkujen matka jatkuu arvoketjussa kohti akkujen kennoiksi. Kennojen jälkeen akut pääsevät kierrossa kohti eri valmistajien tehtaita ja sovelluksia. Sovellusten jälkeen akut kierrätetään.

Huomion arvoista kuvassa kolme on se, että kierron eri osat ovat nimetty creating value, eli arvon muodostamiseksi, sekä maintaining value, eli arvon ylläpidoksi. Tällä tarkoitetaan akkuprosessissa akkujen arvon kehitystä ja ylläpitoa. Arvo muodostuu raaka-aineiden jalostuksesta ja kennojen valmistuksesta. Arvoa ylläpidetään tässä arvoketjussa akkujen käyttöänsä pituuden sekä kierrätyksen ansiosta.

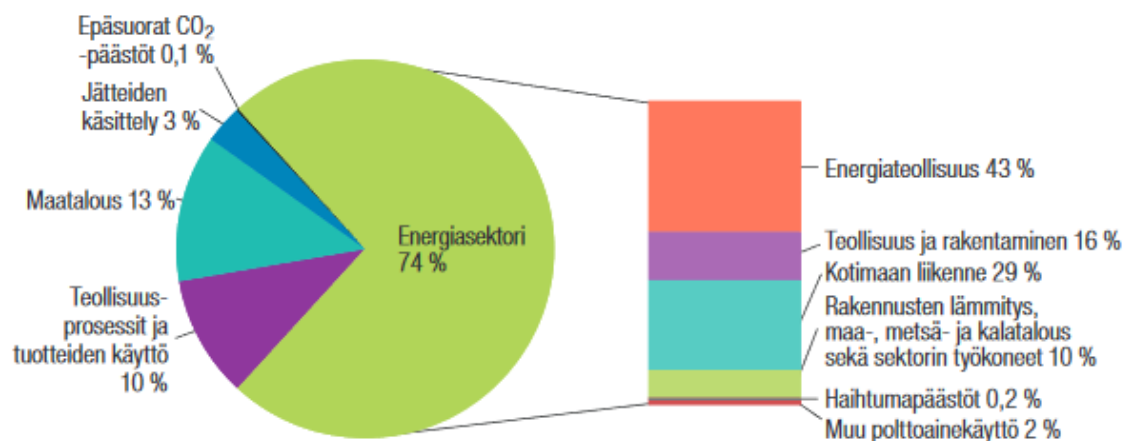
Smart Energy Transition-hanke vaikuttaa hyvinkin mielenkiintoiselta Suomen kansallisen akkuteknologian kehityksen, innovaation sekä ekosysteemin muodostumisen ja ylläpidon suhteen. Se ottaa huomioon kattavasti eri energiamurrokseen kuuluvia osa-alueita ja kouluttaa sekä avaa yhteistyö mahdollisuuksia eri toimijoille Suomessa.

3 Liikenne- ja tavaravirrat

Liikenne- ja tavaravirroilla tarkoitetaan sitä osaa yhteiskunnasta, joka toteuttaa kaiken liikkumisen. Tähän liikkumiseen sisältyy niin henkilöiden kuin myös tavaroiden liikkumisen. Tarkastelen tässä osiossa akkuteknologian merkitystä yhteiskunnan henkilö-, julkiselle sekä tavaraliikenteelle.

Tilastokeskuksen mukaan energiassektori on suurin yksittäinen kasvihuonekaasujen päästölähde Suomessa pikaennakon mukaan muodostaen 74 prosenttia kokonaispäästöistä vuonna 2019. Tieliikenne yhdessä energiateollisuuden, teollisuuden ja rakentamisen kanssa muodostavat tämän energiassektorin. (Tilastokeskus, 2020, s. 12.)

Kasvihuonekaasupäästöjen lähteet sektoreittain ja energiassektorin päästölähteet vuonna 2019*



* Pikaennakkotieto

kuvio 4. Energiasektorin kasvihuonepäästöistä 2019 (Tilastokeskus, 2020, s. 7).

Yllä olevassa kuviossa on esitetty energiassektorin kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen vuonna 2019. Tästä voidaan nähdä, että energiateollisuuden osuus oli suurin, 43 prosenttia. Kotimaan liikenne oli toiseksi suurin 29 prosentilla. Kuvion perusteella voidaan tehdä päätelmä, että tieliikenne on yksi suurimpia Suomen päästöjen aiheuttajista ja sen suhteen päästötavoitteiden saavuttaminen olisi merkityksellinen edistysaskel kohti hallitusohjelman asettamia päästötavoitteita.

3.1 Henkilö- ja julkinen liikenne

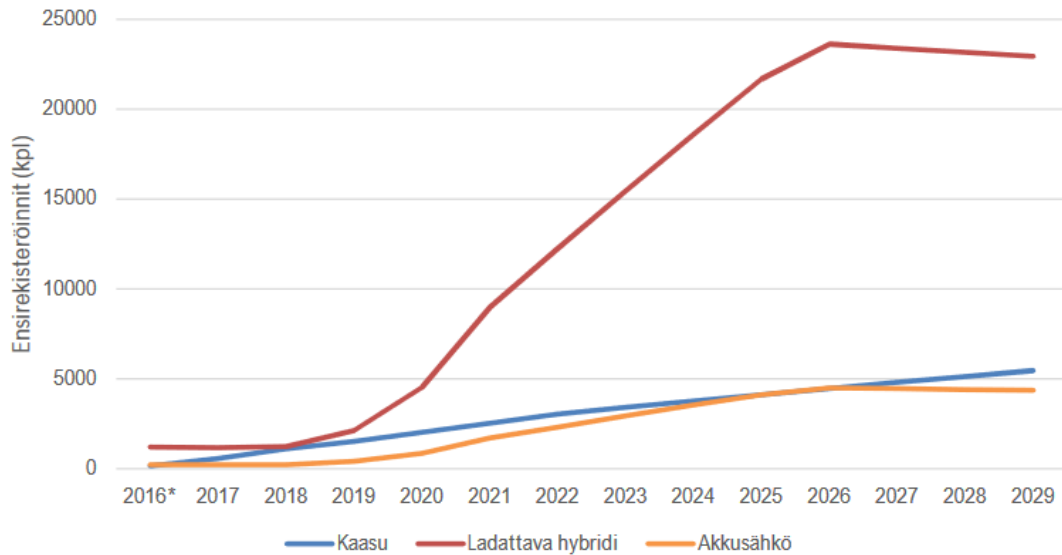
Henkilö- ja julkisen liikenteen päästöttömyyden tavoittelu on luonut haastavan ongelman Euroopalle. Ongelma luultavimmin myös vain pahenee ajan kuluessa. Esimerkiksi Euroopan komission mukaan kasvihuonepäästöt ovat muilta osa-alueilta kuten lämmityksestä, rakentamisesta, sähköistä sekä teollisuudesta ovat laskeneet 15 prosenttia siten vuoden 1990 tasosta, on henkilöliikenteen päästöt kasvaneet yli 33 prosenttia. (Sovacool, Kester, Noel & Zarazua de Rubens, 2020, s. 1.)

Henkilöliikenteen päästöttömyyden tavoite on hyvin ongelmallinen siksi, että tavoitteen saavuttaminen tarkoittaa pyrkimystä vastata henkilöliikenteen kysyntään mutta samanaikaisesti pienentämällä siitä koituvia päästöjä. Tämä tarkoittaa suurta haastetta taloudellisesti, koska tällainen erittäin kunnianhimoinen muutos tarvitsee isoja taloudellisia sijoituksia ennakoon. (Sovacool ym., 2020, s. 1.)

3.1.1 Suomen ajoneuvokanta

Suomen rekisterissä olevien moottoriajoneuvokannan kokonaismäärä kasvoi 2,4 prosenttia vuonna 2019, vuoden 2018 loppuun verrattaessa. Liikennekäytössä olevien ajoneuvojen määrä nousi 0,8 prosenttia. Ensirekisteröintejä oli vuonna 2019 Manner-Suomessa yhteensä 114 202 uutta ajoneuvoa. Manner-Suomessa rekisteröitiin sähkökäyttöisiä henkilöautoja 4 830 kappaletta ja ladattavia hybridi ajoneuvoja 25 104. Tämä on merkittävää siksi, että vuoteen 2018 verrattuna kasvua sähköajoneuvojen rekisteröintiin oli 93 prosenttia ja ladattavien hybridien kohdalla 89 prosenttia. (Tilastokeskus, 2020, s. 2.)

Kuten tilastokeskuksen tekemästä tutkimuksesta voidaan todeta, että Suomessa on tulevaisuudessa kasvavaa kysyntää erilaisille sähköajoneuvoille.



Kuvio 5. Ensirekisteröinnit tulevaisuudessa (Liimatainen & Viri, 2017, s. 15).

Kuten yllä olevassa kuviossa esitetään, ovat ladattavat hybridit ennusteen mukaan tulevaisuudessa kaikkein suosituimpia ensirekisteröinnin. Kaasulla ja akkusähköllä toimivia autoja todennäköisesti tulla ensirekisteröimään huomattavasti maltillisemmin. Kuviosta voidaan huomata, että ennustetut määrät olivat vuonna 2016 alamitoitettut. Kuvion mukaan vuonna 2019 ensirekisteröintejä ladattaville hybrideille oli vain 2 500 ja 5 000 väli- maastossa. Kuitenkin tilastokeskuksen (2020) mukaan niitä rekisteröitiin 25 104. Samoin myös akkusähköllä toimivien autojen määrä oli arvioitu huomattavasti alakanttiin. Kuvion vuoden 2019 kohdalla arvioitiin akkusähköllä toimivien autojen ensirekisteröintien määrän olevan muutaman tuhannen luokkaa, vuonna 2019 tilastokeskuksen mukaan sähkökäyttöisiä henkilöautoja rekisteröitiin 4 830 kappaletta. (Tilastokeskus, 2020, s. 2.)

3.1.2 Akkuteknologian vaikutus henkilöautoliikenteeseen

Akkuteknologian innovaatioiden kehitys on tällä hetkellä täysin riippuvainen liikenteen kysynnästä. Ajoneuvot ovat akkuteknologian kehityksen keskiössä. Tämä siksi, että akkuteknologian sekä muiden vaihtoehtoisten teknologioiden avulla on tarkoitus seuraavan 10 vuoden aikana puolittaa tieliikenteen päästöt niin Suomessa kuin myös Euroopan unionin alueella. Akkuteknologian kehitys on kuitenkin merkittävää myös muissa uusiutuvien energiamuotojen kehityksen keskiössä.

Akkuteknologian kehityksellä on suuri merkitys sähköajoneuvojen kehityksen kannalta. Varsinkin uusien autojen rekisteröinnin perusteella uusien sähköajoneuvojen kysyntä kasvaa tulevaisuudessa, joka luo paineen toteuttaa erilaisia akkuteknologian ratkaisuja, jotta tähän kysyntään pystytään vastaamaan. (Tilastokeskus, 2020, s. 2.)

Myös päästöttömyyttä ajatellen akkuteknologian rooli on suuri. Akkuteknologian avulla liikkuvien ajoneuvojen päästöt ovat huomattavasti fossiilisia polttoaineita käyttäviä ajoneuvoja pienemmät. Parhaimmassa tapauksessa sähköajoneuvon päästöt ovat haitallisuudessaan huomattavasti pienemmät. Jos Suomi haluaa kansallisella tasolla saavuttaa täyden päästöttömyyden, tulee silloin panostaa autokannan uusimiseen, jolloin pyritään uusimisen tuloksena sähköajoneuvojen määrän kasvattamiseen.

3.2 Tavara- ja kuljetusliikenne

Henkilöautoliikennettä haastavampi akkuteknologian kannalta on tavaraliikenne. Tavaraliikenteellä tarkoitan tässä yhteydessä rekka-, laiva sekä lentoliikennettä. Näiden tehtävänä on suurien tavaramassojen liikuttaminen paikasta toiseen. Tämän hetken akkuteknologian rajallisuuden vuoksi tavaraliikenteen hybridi- ja ladattavat ajoneuvot ovat harvassa tai kokonaan olemattomia.

Euroopan unioni alueen kokonaispäästöistä 27 prosenttia tuli tavara- ja kuljetusliikenteestä. Tavaraliikenteen osuus oli ainoastaan 22 prosenttia, jos tuosta kokonaismäärästä jätetään huomiotta lento- sekä meriliikenne. Se oli 2 prosentin nousu edellisvuoteen verrattaessa. Kuljetus- ja tavaraliikenteen tulee tippua noin kaksi kolmasosaa 1990 tasosta, jotta Euroopan unionin päästötavoite 2050 tulee saavutettua. (Euroopan ympäristövirasto, 2019.) Voidaan siis sanoa tavaraliikenteen olevan suuressa osassa kasvihuonekaasujen tuottajana maailmalla ja varsinkin Euroopan alueella.

3.2.1 Rekkaliikenne

Rekkaliikenne on yksi suurimpia tavaravirtojen toteuttajia yhteiskunnassa. Se on tärkeä osa tavaravirtaa, jossa erilaiset hyödykkeet ja tavarat liikkuvat paikasta toiseen. Sen merkitys yhteiskunnan toiminnalle on myös merkittävä. Esimerkiksi Suomen sisällä rekat liikkuvat lastina aina jätteistä erilaisiin tuotteisiin.

Rekkaliikenteen suhteen biokaasupohjaiset moottoriratkaisut ovat paljon akkusähköä nopeammin käyttöönotettavampia. Näistä potentiaalisimpia vaihtoehtoja rekkaliikenteen toiminnalle ovat nestekaasu ja biokaasu. Esimerkiksi nestekaasuun pohjautuvat moottoriratkaisut voivat olla päästöjen pienentämisen kannalta huomattava parannus fossiilisiin polttoaineisiin. Nestekaasun avulla saadaan tankkauksessa parempi energiasäilytys ja se voi mahdollistaa jopa 800 kilometrin toimintasäteen. Myös niin sanotun Dual Fuel tekniikan avulla on mahdollista nostaa toimintasäde jopa 1100 kilometriin. (Liimatainen & Viri, 2017, s. 17–18.)

Biokaasun ja nestekaasun ongelmallisuus tulevat esiin sen jakeluinfrastruktuurin puutteellisuutena. Biokaasua sekä nestekaasua käytetään usein meriliikenteessä, joten sen jakelun infrastruktuuri on vielä satamista riippuvainen. Myös nestekaasun tuotanto ei ole kovin puhdasta ja se tuottaa paljon haitallisia päästöjä. Kuitenkin tulevaisuuden hankkeiden avulla voidaan näistä saada huomattavasti puhtaampia. (Liimatainen & Viri, 2017, s. 18.)

Suora sähköistyminen rekkaliikenteelle on todennäköisesti hankalaa. Vaadittava akkukennojen massa tekisi kuljettamisesta huonosti skaalautuvaa ja pienentäisi kuljetettavien lastien määrää huomattavasti. Esimerkiksi markkinoille jo tulleilla sähkökuorma-autoilla, jonka kokonaismassa on 16 tonnia, jonka toimintamatka on ainoastaan 200 kilometriä ilman latausta (Liimatainen & Viri, 2017, s. 17)

Rekkaliikenteen kohdalla päästövähennyksiä on todennäköisesti mahdollista kasvattaa kaasupohjaisten polttoaineiden jakeluinfrastruktuuriin panostamalla sekä latauspisteitä kasvattamalla (Liimatainen & Viri, 2017, s. 17).

Taulukko 2. Yhteenveto fossiilisten polttoaineiden korvaamisesta. (Liimatainen & Viri, 2017, s. 18)

Ilmastopaneelin arvioima tarkempi toimenpidejako	Päästövähennys vuonna 2030 verrattuna perusskenaarioon	Tavoitteen saavuttamisen todennäköisyys	Tavoitteen saavuttamisen edellytykset
Uusiutuvat polttoaineet henkilöautoissa	0,9 Mt	kohtalainen	30 % uusiutuvan dieselin sekoitevelvoite, 15 % etanolin sekoitevelvoite bensiiniin, diesel-autojen myyntiosuuden pysyminen
Uusiutuvat polttoaineet kuorma-autoissa	0,5 Mt	suuri	30 % uusiutuvan dieselin sekoitevelvoite
Nesteytetty biokaasu ja akkusähkö kuorma-autoissa	0,15 Mt	pieni	Tankkausverkoston rakentaminen, hankintatuki LBG kuorma-autoille, latauspaikkojen rakentaminen kaupunkijakelukeskuksiin
Yhteensä	1,5 Mt		

Yllä olevassa taulukossa on esitetty Suomen tieliikenteen päästöjen vähentämisen tavoitteiden saavuttamisen toimenpiteistä yhteenveto. Tässä yhteenvedossa värillisellä on merkitty toimenpiteiden avulla tavoitteiden saavuttamisen todennäköisyyksiä. Sen mukaan on suuri todennäköisyys, että polttoaineen muuttamisen avulla saadaan rekkaliikenteelle asetettu päästötavoite toteutettua vuoteen 2030 mennessä kasvattamalla uusiutuvan dieselin määrää uudella sekoitevelvoitteella.

3.2.2 Laivaliikenne

Kuten rekkaliikenteen kohdalla ovat erilaiset biopolttoaineet myös vaihtoehtoisia polttoaineita fossiilisille polttoaineille myös meriliikenteessä. Meriliikenteessä hyödynnetään jo muutenkin nesteytettyä maa- ja biokaasua (Liimatainen & Viri, 2017, s.17).

Laivaliikenteen päästöjen vähenemisen vaihtoehdot voidaan jaotella kahteen ryhmään. Nämä ryhmät ovat suunnitteluun vaikuttavat sekä operointiin vaikuttavat ryhmät. Ensimmäiseen ryhmään voidaan listata ne keinot, jotka voidaan tehdä laivan suunnitteluvaiheessa. Laivan suunnitteluvaiheessa vaikuttavia keinoja ovat esimerkiksi kapeamman rungon suunnittelu. Toiseen ryhmään pääsääntöisesti luotellaan keinot, jotka vaikuttavat laivan operointiin. Operointiin liittyviä keinoja ovat esimerkiksi hitaan kiihdytyksen tekniikka. (Lindstad, Verbeek, Blok, van Zyl, Hübscher, Kramer, Purwanto, Ivanova & Boonman, 2015, s. 41.) Bio- sekä nestekaasujen käyttö polttoaineena voidaan sijoittaa laivan suunnitteluvaiheen ryhmään.

Keinoja, joita Lindstad ym., (2015) listaavat laivojen päästöjen vähentämiseksi ovat mm. laivojen runkoja pienentäminen, potkurien päivittäminen, tasapainottavan vesimassan vähentäminen, polttoainekennojen vaihtaminen, tuulivoiman ja aurinkovoiman hyödyntäminen, hävikkilämmön hyödyntäminen sekä moottorien hybridisaation avulla. Kaikki keinot kuitenkin joillaan tavalla vaikuttavat laivan kokonaiskustannuksiin, toiset niitä pienentämällä kuten esimerkiksi tasapainottavan veden pienentäminen ruumasta voi pienentää merenkulun kustannuksia huomattavasti. Tosin vaihtoehtoisesti polttoainekennojen vaihtaminen usein lisäävät kuluja. (Lindstad, Verbeek, Blok, van Zyl, Hübscher, Kramer, Purwanto, Ivanova & Boonman, 2015, s. 45.)

Laivaliikenteessä ainakin Wärtsilä hybrid solutions (2018) on kehittämässä laivoihin soveltuvia hybridimoottoreita, joissa akuilla on merkittävä rooli. Näitä hybridi moottoreita on ainakin käytössä jo muutamissa erilaisissa aluksissa. Wärtsilän hybrid solutionsin kehittämät uudenlaiset HY-nimiset moottorit soveltuvat monenlaisiin erilaisiin aluksiin, ku-

ten esimerkiksi lauttoihin, jäänmurtajiin sekä risteilijöihin. (Wärtsilä, 2018, s. 1–4.) Wärtsilän moottori hanke vaikuttaa lupaavalta ajatellen tulevaisuuden tavaraliikenteen isoja aluksia, joilla kansainvälisesti siirretään suuria määriä tavaraa mantereelta toiselle konttien välityksellä.

3.2.3 Lentoliikenne

Lentoliikenteen ja ilmailuteollisuuden päästöjä pyritään tulevaisuudessa vähentämään erilaisten uusien teknologioiden sekä erilaisten uusiutuvien polttoaineteknologioiden avulla. Erilaiset kitkaa ja aerodynamiikka muovaavat teknologiat ovat kehitteillä erilaisen ilmailuteollisuuden toimijoiden toimesta. Näiden kitkaa ja aerodynamiikka muovaavien teknologioiden ideana on pienentää polttoaineen käyttöä lennon aikana. Toinen keino haitallisten kasvihuonepäästöjen vähentämisen lisäksi on äänisaasteen vähentäminen lentoliikenteen osalta. (Euroopan ilmailun ympäristöraportti, 2019, s. 37.)

Akkuteknologian osalta ilmailuteollisuudessa pyritään kehittämään erilaisia sähkömoottoreita, joiden voima saadaan pienillä sähkövoimaloilla. Sähkövoimaloiden on tarkoitus akkuteknologian avulla sekä aurinkovoimaa että muita keinoja käyttäen tuottaa tarpeeksi energiaa, jotta lentokone pystyy lentämään. Tällaisten voimalaitosten avulla on tarkoitus innovoida hybridimoottoreita lentokoneille. Näitä kehittävät monet erilaiset toimijat Euroopassa, esimerkiksi yhtiö nimeltä Pipistrel. (Euroopan ilmailun ympäristöraportti, 2019, s. 37.) Kuitenkin suurin kehityksen kohde tällä hetkellä ovat erilaiset vaihtoehdot polttoaineet paljon saastuttavalla lentopolttoaineelle.

Suurimmat ongelmat erilaisten biopolttoainennovaatioiden käyttöönotossa ovat polttoaineen määrittelyn tarkat kriteerit, sekä tuotantokustannusten korkeat taloudelliset rasitteet. Tästä syystä erilaisia biopolttoaineratkaisuja ei vielä laajamittaisesti käytössä ole. (Euroopan ilmailun ympäristöraportti, 2019, s. 41.)

Tavaraliikenne on hyvin ongelmallinen päästöttömyyden tavoittelun kannalta. Akkuteknologia ei ainakaan lähiaikoina pysty muuttamaan tavaraliikenteen toimintaa merkittävästi. Rekka-, laiva- ja lentoliikenne tulee todennäköisesti etsimään ratkaisuja päästöongelmaan erilaisten biopolttoaine- tai muiden uusiutuvien polttoaineratkaisujen muodossa, toisin kuin yksityisautoilu, jolle on jo erilaisia ajoneuvoja massatuotannossa. Lento-, rekka- ja meriliikenteen osalta kuitenkin uusia innovaatioita pyritään jatkuvasti kehittämään ja luomaan, jotta näidenkin osalta päästöt saataisiin kuriin tulevaisuudessa.

4 Menetelmät ja metodologia

Tutkielman menetelmänä on Delfoi-metodi. Tämä siksi, että tutkimus on tarkoitus toteuttaa tulevaisuuden tutkimuksena. Tutkielman aineisto on kerätty laadullisen tutkimuksen menetelmien avulla eli haastattelulla. Haastattelun vastaajat koostuvat aiheeseen liittyvistä eri alan asiantuntijoista. Haastattelu on toteutettu strukturoituna, eli vastausvaihtoehdot ovat suureksi osaksi ennalta annettuja. Haastattelu toimii pohjana tavoiteltaville tulevaisuuden skenaarioille. Skenaariot ovat esitettyinä analyysiosion lopuksi.

Tässä luvussa tarkoituksena on avata tutkielmassa käytettyjä menetelmiä, sekä kertoa tutkimuksen menetelmien teoriasta. Luvussa käsitellään laadullisen tutkimuksen teoriaa, delfoi-metodin sekä tulevaisuuden tutkimuksen teoriaa sekä filosofiaa.

4.1 Laadullinen tutkimus

Laadullinen tutkimus eli kvalitatiivinen tutkimus on usein määrällisen eli kvantitatiivisen tutkimuksen kanssa määritetty olevan tutkimusmenetelmien kaksi päälinjaa. Tämä kahtiajako on usein nähty mielekkääksi sen vuoksi, että määrällinen tutkimus mielletään usein tyypilliseksi perinteisempien kovien tieteiden kuten luonnontieteiden metodiksi, kun taas laadullinen tutkimus mielletään useimmiten ns. pehmeiden tieteiden metodiksi. (Alasuutari, 2011, s 26.) Laadullinen tutkimus on siis määrällisen tutkimuksen kanssa menetelmäsuuntaus. Näitä usein käytetään ihmistieteissä eli humanistissa tieteissä rinnakkain.

Tämä kahtiajako ei kuitenkaan usein ole näin helposti tehtävissä ja tutkimuksen teon yhteydessä tulee usein menetelmä valita sen mukaan miten tutkittava aihe sekä kerätty data sen vaativat (Alasuutari, 2011, s 26). Tämän tutkimuksen toteutumistapa on kuitenkin laadullinen haastattelututkimus.

Laadullisessa analyysissä, toisin kuin määrällisessä, aineistoa tarkastellaan usein isona kokonaisuutena. Sen kokonaisuuden ajatellaan avaavan jonkin singulaariseksi ymmärrätyn sisäisesti loogisen kokonaisuuden rakennetta. Vaikka aineisto koostuisikin erillisistä tutkimusyksiköistä, esimerkiksi yksilöistä yksilöhaastatteluissa, laadullisessa analyysissä argumentaatiota ei voida rakentaa yksilöiden eroihin eri ”muuttujien” suhteen, eikä näiden erojen tilastollisiin yhteyksiin muihin muuttujiin. Laadullinen analyysi vaatii aina siis absoluuttisuutta. (Alasuutari, 2011, s, 30.)

Kuitenkin parhaimmillaan laadullisen tutkimuksen tutkimussuunnitelma elää tutkimushankkeen mukaan. Tarkoituksena on pystyä saavuttamaan sekä ymmärtämään tutkittavien ilmiöiden prosessiluonne. Sosiaalisen todellisuuden ja sen ilmiöiden prosessiluonteen huomioimisessa onkin kyse siitä, että tutkimuksen tuloksia ei voida pitää täysin ajattomina ja paikattomina vaan historian mukana muuttuvina ja paikallisina. (Eskola & Suoranta, 1998, s.13.)

Laadullisen tutkimuksen haasteet liittyvät useimmiten näkökulmaan. Objektiiivinen tapa tarkkailla, jos kuitenkin joutuu tutkittavan asian vuoksi ns. jalkautumaan, jotta saa kerättyä tarvittavaa aineistoa. Tällöin usein vaarana on upottaa omia subjektiivisia arvoja ja näkökulmia tutkittavaan ilmiöön ja kohteisiin. Tällöin puhutaan tutkimuksen tekemistä eettisistä ratkaisuista. (Eskola & Suoranta, 1998, s. 13.)

Objektiivisen ja subjektiivisen lähestymistavan välisestä keskustelusta ja väittelyistä on tutkimuksen teon historiassa väitelty useammin kuin kerran. Varsinkin laadullisesti tehtävän tutkimuksen kohdalla tämä usein on vaikea määritellä, milloin tutkija toimii subjektiivisesti ja milloin objektiivisesti, varsinkin silloin kun aihe on tutkijalle itselle hyvin henkilökohtainen. (Eskola & Suoranta, 1998, s.13.) Tosin Eskolan ja Suorannan mukaan (1998) objektiivisuuden luonne voidaan määritellä tunnustamalla omat subjektiivisuutensa tai paremmin monikossa omien subjektiivisuuksiensa tunnistamisesta.

4.2 Tulevaisuudentutkimus

Tulevaisuudentutkimuksen perustehtävä on vaikuttaa yhteiskuntaan sillä tavoin, että sosiaalisesta toiminnasta ja päätöksenteosta tulee yhä mielekkäämpää, vastuullisempaa ja tehokkaampaa. Sen täytyy perustua yhä laaja-alaisempaan ja merkityksellisempään tietoon (Rubin, 2004).

Tässä osiossa on tarkoituksena kertoa tulevaisuudentutkimuksen teoriasta ja filosofiasta. Tarkoituksena on esitellä tulevaisuudentutkimusta tutkimusmenetelmänä sekä siihen kuuluvaa metodologiaa. Tarkoituksena on myös esitellä, miksi juuri tulevaisuuden tutkimus on tähän tutkimukseen paras mahdollinen tutkimuksen toteutustapa.

4.3 Delfoi-metodi

Delfoi-metodi on metodi, joka kehitettiin Yhdysvalloissa 1950-luvulla. Se oli Yhdysvaltojen ilmavoimien sekä Rand -yhtiön yhteistyön tulos. Delfoi-metodi on peräisin tutkimuksesta, joka toteutettiin 1950-luvulla. Tämä tutkimus tutki kuinka olisi mahdollista saavuttaa yhteisymmärrys asiantuntijoiden eriävien mielipiteiden suhteen. (Linstone, Turoff & Murray, 2002.)

Delfoi-tutkimus koostuu tutkijasta, tai -ryhmästä, sekä paneelistä. Tutkija muodostaa tutkimusongelman sekä rajaa aiheen. Paneeli koostuu kyselyyn vastaajista, jotka nimettömästi vastaavat kyselyyn ja antavat mielipiteensä aiheesta. Tämän jälkeen ensimmäisen kierroksen lopputuloksesta muodostetaan seuraavan kierroksen kysely, johon sama paneeli vastaa toisen kerran. Tämä voidaan toistaa enemmän kuin kaksi kertaa tarvittaessa. Yhden, kahden tai useamman kierroksen jälkeen otetaan vastaukset, käydään data läpi ja josta se vedetään yhteen raportiksi. Tästä raportista voidaan muodostaa tutkimuksen loppupäätelmät sekä johtopäätökset.

Delfoi-tutkimus voidaan toteuttaa yksin tai ryhmässä, sekä voidaan muodostaa erillinen suunnitteluryhmä, joka organisoii kyselyn ja paneelin. Delfoi-paneeliin kuuluu yleensä noin 20–100 henkilöä. (Kuusi, 1999.) Tärkein asia Delfoi-metodin onnistumisessa on sen osallistujien anonyymiys. Sen avulla asiantuntijat pystyvät antamaan rehellisen mielipiteen aiheesta, ilman vaikutuksia asiantuntijan maineeseen.

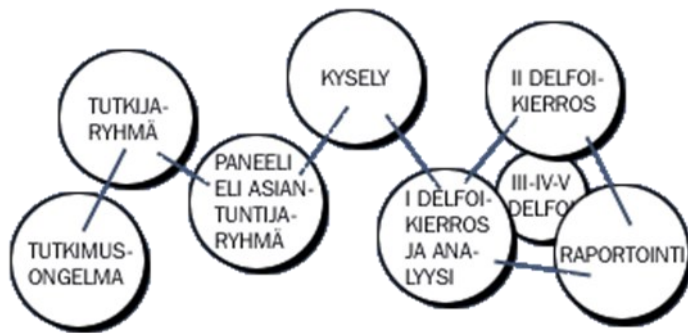
4.3.1 Delfoi-paneeli

Delfoi-paneeli muodostuu yleensä 20–100 henkilöstä (kuusi, 1999). Delfoi-metodiin perustuvassa tutkimuksessa mukana ei välttämättä tarvitse olla asiantuntijoita, vaan mukaan voidaan ottaa myös maallikoita (Kuusi, 1999). Tämän tutkielman toteutumistapana oli asiantuntijahaastattelu, joten maallikoita ei mukana ollut ollenkaan.

Kuusi (1999) on listannut metodix.fi -verkkosivuilla paneeliin osallistuvalla asiantuntijalla neljä kriteeriä. Asiantuntijan soveltuvuuden arviointiin kannattaa ottaa huomioon henkilön kokemus ja ammatilliset tiedot ja taidot, ennustamiskyky, mielikuvitus ja luovuus, kyky nähdä malleja siellä, missä muut näkevät vain satunnaisia elementtejä, ja muiden asiantuntijoiden mielipiteet ko. henkilöstä. Asiantuntijan tulisi olla myös oman tiedonalansa kärjessä.

Paneelin muodostamisessa tärkeintä ovat paneelin asiantuntijuuden monipuolisuus, sekä laajuus. Myös aina tulisi pyrkiä panostamaan laatuun eikä määrään. Argumentoivassa tutkimuksessa on hyvä tehdä pieni mutta tarkasti harkittu paneeli (Kuusi, 1999).

4.4 Delfoi-metodiin pohjautuvan tutkimusprosessin vaiheet



Kuvio 6. Delfoi-metodin vaiheet (Kuusi, 1999).

Yllä olevassa kuvassa on kuvattu Delfoi-metodiin pohjautuvan tutkimusprosessin vaiheet. Ensimmäisenä luonnollisesti asetetaan tutkimusongelma. Tutkijaryhmä voi olla yksi tai useampi henkilö. Tämä ryhmä muodostaa paneelin eli asiantuntijaryhmän. Tutkija tai ryhmä muodostaa ongelmanasettelun (issue) ja kyselyn (topic). Tutkijaryhmä myös ohjaa tutkimuksen palautteen antoa ja uusien kierrosten kysymyksenasettelua. Tämän jälkeen suoritetaan paneelilta kysely, jolloin toteutetaan ensimmäinen Delfoi-kierros ja sen analyysi. Prosessi jatkuu tästä kahdella tavalla, joko tutkimusta jatketaan toiseen tai useampaan Delfoi-kierrokseen. Kierrosten jälkeen raportoidaan löydökset. (Kuusi, 1999.)

4.5 Raportointi

Delfoi-prosessi päättyy raportointiin. Osana raportointia kuuluu tutkimuksen tulosten reflektointi ja arviointi. Kuusi (1999) listaa verkkosivuillaan esimerkkinä arvioinnin onnistumiseen kuusi ehtoa. Nämä ehdot ovat onnistuminen asiantuntijapaneelin valinnassa, anonyymi argumentointi, onnistunut mielekkäiden kysymystenasettelujen kuten ns. topicien etsimisessä, strukturoitu keskustelu, kyky koota systemaattisesti arvioiden, ka-

sautuvasti ja käyttäjäystävällisesti ajankohtaisia tulevaisuusargumentteja monilta ja monenlaisilta asiantuntijoilta ja tuotetun aineiston relevanssi strategisen päätöksenteon kannalta (Kuusi, 1999.)

4.6 Skenaariotyöskentely

Tulevaisuuden skenaariot ovat olennainen osa tulevaisuudentutkimusta. Niiden avulla on tarkoitus kartoittaa tulevaisuuden kehityksen mahdollisia suuntia ja tapahtumia. Skenaariot eivät ole ennusteita tai menneen kehityksen tulevaisuuteen suunnattuja heijastuksia, vaan enemmänkin monipuolisia kuvauksia vaihtoehtoista ja mahdollista tulevaisuudesta, joilla on looginen juoni (Rubin, 2004).

4.6.1 Skenaariotyöskentelyn monimuotoisuus

Skenaariot eivät ole ainoastaan Delfoi-metodiin sidottuja, vaan ne soveltuvat monien muidenkin menetelmien kanssa käytettäväksi. Näitä muita menetelmiä, jotka muodostavat skenaarioita ovat mm. morfologinen skenaariotyöskentely eli tulevaisuustaulukkomenetelmä ja kansalaistoimintaa tukevat tulevaisuustyöpajat tai -verstaat. Myös pehmeää systeemimetodologiaa voidaan käyttää pohjana skenaarioille. (Rubin, 2004.)

Skenaariotyöskentelyssä eri työvaiheissa käytetään hyväksi useita muitakin tutkimusmenetelmiä. Perinteisiä aikasarja- ja tilastollisia laskentamenetelmiä voidaan hyödyntää ja näiden avulla rakentaa ennusteita joillekin työskentelyn osa-alueille. Näistä esimerkkinä toimii graafiset käyrät ja pylväät, jotka kuvaavat yritysskenaariotyöskentelyssä tuotannon todennäköisintä kasvukäyrää, ympäristötutkimuksessa päästöjen vaikutuksia ilmastoon laatuun, jos todennäköiseen kehityskulkuun ei lainsäädännöllä puututa, tai kasvatus-tieteissä virtuaaliopetuksen määrällisiä kasvuodotuksia. (Rubin, 2004.)

4.6.2 Skenaarioiden ongelmat

Skenaarioita, varsinkin yrityksissä tai organisaatioissa, käytetään usein väärin tai huonosti. Tyypillisesti väärä oletamus on, että skenaariot nähdään tulevaisuustyöskentelyn lopputuloksena, vaikka ne ovatkin vain työkaluja ja lähtökohtia tulevaisuutta koskevalle strategiselle päätöksenteolle ja toimintamallien valinnalle. Skenaarioita tulkittaessa onkin tärkeää muistaa, ettei skenaarioiden pohjalta esitetty tulevaisuus ole todellisuutta, eikä se ole skenaariotyöskentelyn tarkoituksaan. (Rubin, 2004.)

Tulevaisuuden skenaarioilla onkin tarkoitus vain luoda vaihtoehtoisia kuvia, joiden pohjalta voidaan muovata todellisuutta kohti haluttua. Tällä tarkoitetaan sitä, että skenaariot ovat työkalu, jolla pyritään kehittämään näkemystä siitä, millainen olisi toivottava tulevaisuus ja millä tavalla sen toteutumista voidaan edistää valinnoilla ja päätöksillä. (Rubin, 2004.)

4.6.3 Skenaariotyöskentelyn vaiheet

Rubin (2004) kirjoittaa verkkosivuillaan, että skenaariotyöskentely voidaan jakaa kuuteen eri vaiheeseen. Ensimmäisenä vaiheena on nykytilan kriittinen tarkastelu. Tällä tarkoitetaan alkuvaiheessa tehtävää kartoitusta, joka organisaatiolle, yritykselle tai muulle järjestelmälle tehdään, jotta selviäisi sen nykytila. Tämä voidaan esimerkiksi tehdä SWOT-analyysin avulla, jolloin voidaan selvittää omat vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhkat sekä analysoida mahdollisesti käytössä olevat resurssit ja kehityskulkuun vaikuttavat ulkoiset tekijät. Näiden lisäksi näkökulmiin ja valintoihin vaikuttavia tekijöitä ovat mm. niin sanottu hiljainen tieto, tietotaito, se kaikki tieto, viisaus ja osaaminen, mitä ei opita kirjoista. (Rubin, 2004.)

Toisena vaiheena on itse skenaarioiden laatiminen. Kun on selvitetty tutkittavan aiheen nykytila, voidaan sopivia menetelmiä hyväksi käyttäen alkaa laatia mahdollisia skenaarioita. Tämä muodostuu tutkimusasetelmaan soveltuvalla menetelmällä. Skenaarioita

tulisi olla vähintään kolme, jotta oikeasti saataisiin variaatiota ja oikeasti vaihtoehtoja. Kaksi on liian vähän, koska silloin on vaikea esittää jotain muuta kuin dikotominen hyvän ja pahan skenaarion jako, joka loppujen lopuksi on vain vaihtoehdottoman, yhden tulevaisuuden malli. (Rubin, 2004.)

Kolmantena vaiheena toimii vision laatiminen. Tällä tarkoitetaan vaihetta, jossa skenaarioiden pohjalta laaditaan organisaation oma visio eli tulevaisuuteen sijoittuva tahtotilan kuvaus. Rubinin (2004) mukaan parhaimmillaan visio on yhteisesti laadittu ja jaettu näkemys siitä, millainen organisaatio voisi olla.

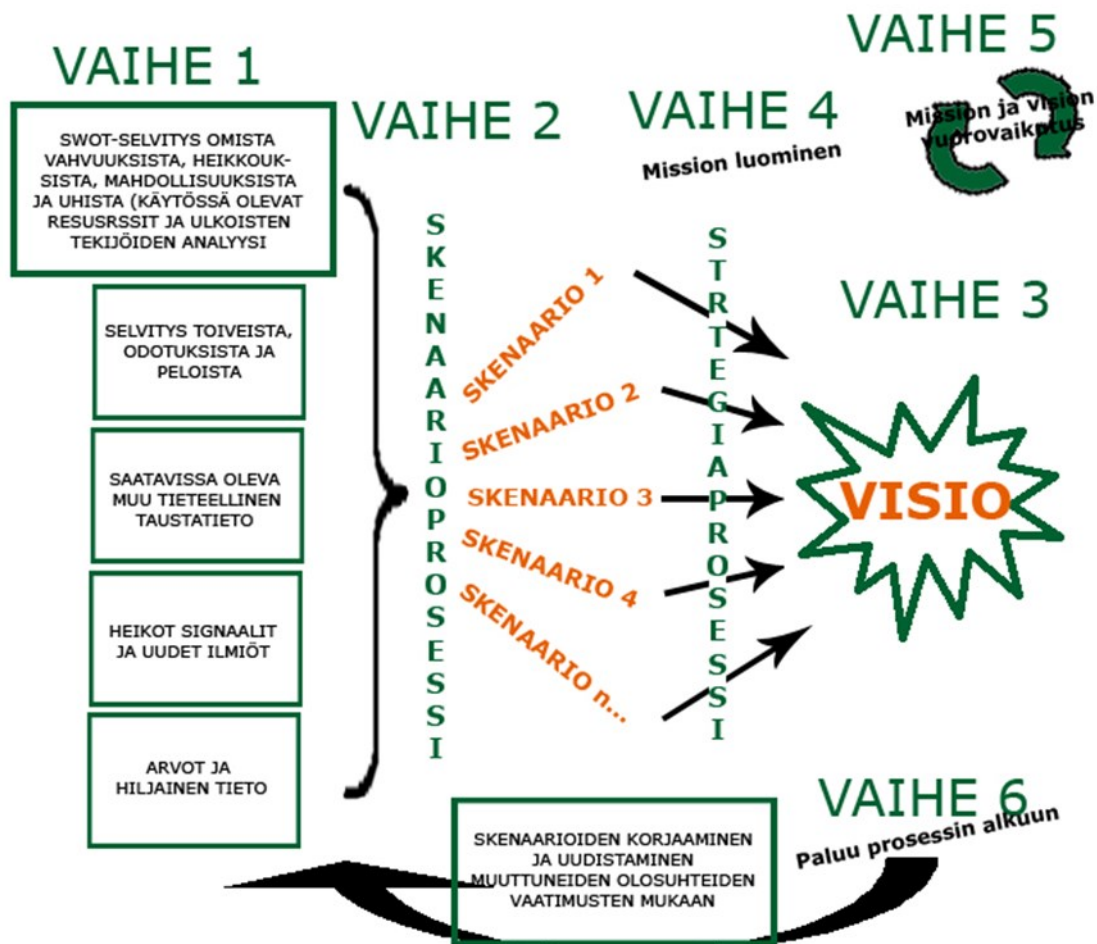
Neljäntenä vaiheena toimii mission laatiminen. Vision pohjalta ja skenaariotyöskentely tuloksena saavutettujen skenaariotyökalujen avulla kehitetään missio, jonka avulla pyritään luomaan visioon johtava polku, jolla tarkoitetaan tarvittavia toimenpiteitä ja päästöksiä, joiden avulla visio on saavutettavissa. Missio sisältää myös välitavoitteiden määrittely strategisen suunnittelun osana. (Rubin, 2004.)

Viimeiset vaiheet ovat vaihe numerot viisi ja kuusi. Viidennes vaihe on vision ja mission vuoropuhelu, ja kuudennes vaihe skenaariotyöskentelyssä on skenaarioiden korjaaminen inkrementaalisesti. Visio ja missio käyvät jatkuvaa vuoropuhelua, ne ovat dynaamisia, muuntuvan todellisuuden mukaan joustavia työkaluja tulevaisuuden haltuun ottamiseksi. (Rubin, 2004.)

Kuudes vaihe pitää sisällään siis skenaarioiden korjaamisen uuden tiedon pohjalta, eli inkrementaalisesti. Tällä tarkoitetaan skenaariotyöskentelyn olevan prosessi, joka elää jatkuvasti. Vaikka se voikin auttaa organisaatiota tai yritystä kertaluontoisesti, antamalla uusia näkökulmia ja vaihtoehtoja toiminnan suunnitteluun, on kuitenkin muistettava, että murrosajan nopeasti muuttuvassa yhteiskunnallisessa tilanteessa myös organisaation vaikutusvallan ulkopuolella olevat asiat muuttuvat. Tästä hyvänä esimerkkinä toimivat uudet innovaatiot, jotka luovat uusia haasteita, verkostoituminen ja globalisaatio,

sekä asenteisiin ja arvoihin liittyvät muutokset, jotka muokkaavat organisaation toimintaympäristön ehtoja. Myös taloudelliset suhdanteet vaikuttavat tarpeisiin ja tavoitteisiin. (Rubin, 2004.)

Edellä mainitusta syystä olisi tärkeä muistaa toistaa skenaarioprosessi tai ainakin pyrkiä toistamaan sen tärkeimmät skenaariot, päivittää aina ympäristön ja viitekehyksen muuttuessa, jotta visio pysyisi mukana. Jos skenaarioprosessia ei muovata viitekehyksen ja ympäristön muuttuessa, laaditut skenaariot voivatkin hyvän työkalun asemasta rajoittaa näkökulmaa ja estää näkemästä oleellisia yhteiskunnan muutoksia ja siten vähentää organisaation toimintavalmiuksia. (Rubin, 2004.)



Kuvio 7. Skenaariotyöskentelyn vaiheet (Rubin, 2004).

Yllä olevassa kuvassa on esitetty skenaariotyöskentelyn vaiheet ja prosessi. Prosessi alkaa yksinkertaisella SWOT-analyysillä, sekä tarpeiden että erilaisten teoreettisen lähtökohtien tarkastelulla. Kun siirrytään kuviossa oikealle, aloitetaan skenaarioprosessi. Skenaarioprosessilla tarkoitetaan kuviossa olevaa vaihetta numero kaksi. Skenaarioprosessilla tarkoitetaan kaikkien mahdollisten skenaarioiden kartoitusta sekä muodostamista.

Vaiheessa numero kolme luodaan visio, johon vaiheen numero neljä avulla pyritään luomaan strategia. Tällä inkrementaalisella kehityksellä tarkoitetaan sitä, että jatkuvasti tarkastellaan sekä uusitaan skenaarioita muuttuneiden olosuhteiden vaatimusten mukaan. Vaiheella numero viisi tarkoitetaan mission ja strategian vuorovaikutusta, eli skenaarioiden luomien toimintamallien ja vaiheessa kolmen luodun vision vuoropuhelua. Vaiheella numero kolme on kuvattu se inkrementaalisen kehityksen vaihe, joka skenaariotyöskentelyssä on yksi sen ominaisuuksista.

5 Tutkimusprosessi ja skenaariot

Tutkimus toteutettiin delfoi-metodiin perustuen laadullisena eli kvalitatiivisena tutkimuksena. Tutkimuksen toteutumisen menetelmänä toimii strukturoitu asiantuntijahaastattelu, jossa haastateltiin aiheeseen perehtyneitä asiantuntijoita eri aloilta. Aloja, joilta asiantuntijat valittiin, olivat politiikka, käytäntö ja teoria. Poliitiikan saralta saatiin Työ ja elinkeino ministeriöstä. Käytännön akkuteknologian kanssa toimivia asiantuntijoita haastateltiin mm. Valmetin sähköautotehtaalta. Teorian akkuteknologian kanssa toimivia haastateltavia löytyi mm. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:stä sekä yliopistoista. Yliopistoista mukana oli mm. Turun yliopiston akkuteknologian professori sekä Aalto yliopiston professori.

Toteutuneen strukturoidun haastattelun perusteella oli tarkoitus toteuttaa vielä toinen kysely kierros, jonka ideana oli toteuttaa haastattelun pohjalta kolme tulevaisuuden skenaariota. Toisen kysely kierroksen tarkoituksena oli vastaajilta saada kommentteja liittyen skenaarioiden sisältöön sekä niiden todennäköisyyteen tapahtua. Tämä toinen kysely kierros jäi kuitenkin pois tutkimuksen edetessä. Tämä toisen vaiheen pois jättäminen johtui täysin siitä, että strukturoidun haastattelun vastausten yhtenäisyys ja yksimielisyys poisti tarpeen tarkentaa skenaarioiden sisältöä ja näin ollen poisti kommentoinnin tarpeellisuuden.

Haastattelututkimus osoittautui hyvin valituksi menetelmäksi. Vaikka vastaajien löytäminen olikin paikoitellen hankalaa, eivätkä loppujen lopuksi alustavat suunnitelmat vastaajien määrästä täyttyneenkään, tutkielmaa varten tuotettu data kuitenkin oli tarpeeksi kattavaa, jotta lopulliset skenaariot pystyttiin muodostamaan. Kyselyyn vastaajia oli tarkoitus alun perin olla 10–15, mutta tämä lopulta osoittautui liian isoksi määräksi löytää. Loppujen lopuksi halukkaita haastateltavia löytyi seitsemän. Seitsemän vastaajaa riitti kuitenkin sopivasti muodostamaan skenaariot.

Tutkimuksen kysymysten asettelu oli paikoitellen myös hankalaa. Tämä siksi että asiantuntijoiden eri lähtökohdat ovat hankala ottaa samaan kompaktiin strukturoidussa kyse-lyssä huomioon. Kuitenkin loppujen lopuksi kysely osoittautuikin onnistuneeksi.

5.1 SWOT-analyysi

Tulevaisuuden tutkimuksen yksi lähtökohdista on toteuttaa SWOT-analyysi. SWOT-analyysillä tarkoitetaan analyysiä, jossa listataan aiheesta kerätyt sisäiset tekijät sekä ulkoiset tekijät. Nämä tekijät muodostuvat sisäisistä vahvuuksista ja heikkouksista sekä ulkoisista mahdollisuuksista ja ulkoisista uhista. SWOT-analyysi on tehty teorialuvuissa kaksi ja kolme tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen perustuen. Tämän tutkielman SWOT-analyysi löytyy tämän alaluvun alta.

Taulukko 3. SWOT-analyysi akkuteknologian sisäisistä ja ulkoisista tekijöistä.

Sisäiset tekijät	
Sisäiset vahvuudet (+)	Sisäiset heikkoudet (-)
<ul style="list-style-type: none"> -Politiikan rooli suuri, jotta voidaan omaksua halu uudelle innovaatiolle -Lähtökohtaisesti kysyntä tulee kuluttajilta -Suomessa lähtökohdat toteuttaa tutkimusta ja innovoida -Halu kehittää akkuteknologiaa on suuri -Akkuteknologian tilasta ja kehityksestä ollaan eri aloilla lähes samaa mieltä 	<ul style="list-style-type: none"> -Kuluttajat arvaamattomia ja helposti ohjailtavissa -Kysyntä määrittää tutkimuksen rahoituksen ja laadun -Suomi pieni tekijä globaalissa skaalassa -Suuri määrä eri toimijoita ja prosesseja

Ulkoiset tekijät	
Ulkoiset mahdollisuudet (+)	Ulkoiset uhat (-)
<ul style="list-style-type: none"> -Kattojärjestöt, kuten esimerkiksi EU, YK ja niiden valta -yhteistyön saavuttaminen mahdollisuus nopeaan kehitykseen -Mahdolliset investoinnit voisivat olla isoja -Globaali yhteistyö voisi nopeasti edistää kehitystä -Globaali kilpailu voi olla innovointia edistävä tekijä 	<ul style="list-style-type: none"> -Globaalit, akkuja käyttävät laitteet ja niiden valmistajat -Haluavatko rahoittaa tutkimusta -Kierrätykseen hyödyt ja haitat, sekä hinta -Materiaalin saatavuus ja tuotantoketjun hinta -Globaali kilpailu voi olla innovointia rajoittava tekijä

Yllä olevassa taulukossa voidaan hahmottaa hyvin akkuteknologian kehityksen sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä. Sisäisissä tekijöissä voidaan huomata niitä seikkoja, jotka vaikuttavat positiivisesti ja negatiivisesti. Ulkoisissa tekijöissä voidaan hahmottaa niitä ulkopuolelta tulevia tekijöitä, jotka vaikuttavat positiivisesti tai negatiivisesti.

5.1.1 Sisäiset ja ulkoiset vahvuudet sekä mahdollisuudet

Sisäisiin vahvuuksiin akkuteknologian kehitykselle ehdottomasti kuuluu se, että politiikan rooli on iso. Yksityisellä puolella myös tahtotila on hyvä. Akkuteknologian kehitys olisi kaupallisilla markkinoilla toimiville yrityksille merkittävä kilpailuun vaikuttava tekijä.

Tarkoittaen sitä, että akkuteknologian kehitys yritykselle on merkittävä kilpailuetua nostava innovaatio.

Politiikan roolin suuruus on siitä hyvä asia, että isot poliittiset toimijat kuten Suomen valtio tai kansainvälisesti merkittävä Euroopan unioni, voivat luoda ja edistää hankkeita budjetoimalla niille merkittävästi taloudellista tukea. Tämä luo akkuteknologian innovaatiolle ja kehitykselle tarvetta ja kysyntää. Myös poliittisten päätöksentekijöiden luomat tavoitteet luovat kysyntää ja halua edistää kehitystä. Varsinkin Suomessa, ja miksei Euroopassa ylipäänsä, lähtökohdat nopeallekin akkuteknologian kehitykselle ovat hyvät. Tämä johtuen korkeasta teknologian osaamisesta sekä teoreettisesta kapitaalista.

Ulkoisia mahdollisuuksia akkuteknologian kehitykseen ovat Euroopan unionin kaltaiset kansainvälisesti merkittävät tekijät. Niiden vaikutusvalta on merkittävä ja vaikuttaa myös paljon yksityisiin toimijoihin. Muita ulkoisia mahdollisuuksia ovat mm. globaalin yhteistyön mittakaava. Jos globaalit toimijat tekevät yhteistyötä voi innovaatioiden syntyminen olla erittäin nopeaakin. Yhteistyön lisäksi globaali kilpailu luo painetta nopealle kehitykselle ja innovaatioille.

5.1.2 Sisäiset ja ulkoiset heikkoudet sekä uhat

Sisäisiä heikkouksia on ehdottomasti kysynnän määräytyminen varsinkin yksityisellä puolella kuluttajien mukaan. Sähköajoneuvojen kysyntä määrä sen kuinka paljon sähköajoneuvojen valmistajat ovat valmiita satsaamaan akkuteknologian kehitykseen ja ylipäänsä ajoneuvojen kehitykseen. Toki poliittiset päättäjät voivat luoda kysyntää ohjaimalla tavoitteita kohti tiettyä päämäärää, mutta yksityiset yritykset toimivat kuitenkin markkinatalouden perusperiaatteiden mukaan. Myös Suomen koko globaalissa maailmantaloudessa on niin pieni, että se tulee ottaa huomioon, kun puhutaan akkuteknologian kehityksen merkityksestä maailmalla. Tosin tätä helpottaa hivenen se, että Suomi kuuluu Euroopan unionin kaltaiseen isompaan kansainväliseen yhteisölliseen talousalueeseen.

5.2 Haastattelun toteutus ja tulokset

Tutkimus toteutettiin laadullisena asiantuntijahaastatteluna. Itse haastattelun toteutettiin nettikyselynä. Kysymykset pyörivät akkuteknologian, sen innovaatioiden sekä niiden innovaatioiden merkityksellisyyden ympärillä. Tarkoituksena oli hahmotella sitä, miten akkuteknologian parissa toimivien eri asiantuntijoiden mielestä akkuteknologian kehitys vaikuttaa tulevaisuudessa. Tämän osion aikana esittelen hieman vastauksia ja niiden merkittävyyttä. Näiden vastausten perusteella myös luotiin kolme skenaariota, jotka ovat esitelty tämän osuuden lopussa.

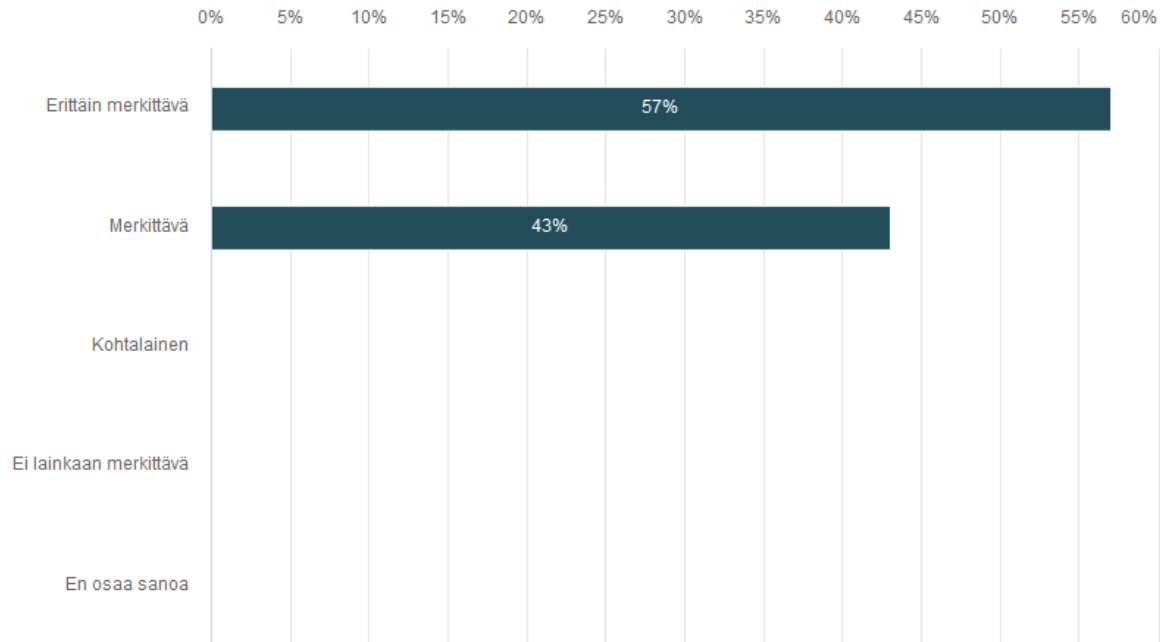
Haastattelu toteutettiin Webropol-verkkopalvelussa strukturoituna internet kyselynä. Tämä alusta toimi erittäin hyvin strukturoidun haastattelun järjestämiseen. Myös itse kyselyn toteuttaminen oli helppoa ja melko vaivatonta. Tiettyjen kysymysten muodostaminen palvelun valmiilla kysymyspohjilla ei ollut mahdollisia, joten hieman kysymysten kanssa joutui soveltamaan.

Kysymysten muotoilussa aikaisemmin tehty SWOT-analyysi, antoi hyvän lähtökohdan alkaa kehittämään kyselyä siihen muotoon, joka siitä loppujen lopuksi tuli. Kyselyn onnistuminen helpotti myös tutkimuksen metodologisen osion valmistumisessa ja nopeutti prosessin valmistumista.

5.2.1 Akkuteknologian merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa

1. Onko akkuteknologian merkitys (yksittäisenä tekijänä) ilmastonmuutoksen torjumisessa ja siihen sopeutumisessa?

Vastaajien määrä: 7



kuvio 8. Akkuteknologian merkitys ilmastonmuutoksen torjumiseen.

Tämä kysymys avasi koko kyselyn ja kuten kuviosta voidaan todeta, vastaukset olivat hyvin yhdenmukaisia. Kaikista vastaajista yli puolet pitivät akkuteknologiaa ilmastonmuutosta ehkäisevänä yksittäisenä tekijänä erittäin merkittävänä ja hieman alla puolet asiantuntijoista pitivät merkittävänä. Akkuteknologialla on siis merkittävä rooli ainakin yksittäisenä tekijänä yhteiskunnan kykyyn sopeutua ja torjua ilmastonmuutosta tulevaisuudessa.

Yhtenä tutkimuskysymyksenä olikin pohtia sitä, onko akkuteknologia merkittävässä roolissa ilmastonmuutoksen torjumisessa, sekä sen luomien haasteiden sopeutumisessa. Saadun aineiston perusteella voidaan sanoa, että akkuteknologialla sekä sen kehityksellä on merkittävä tai jopa erittäin merkittävä rooli yksittäisenä tekijänä ilmastonmuutoksen haasteisiin vastaamisessa.

5.2.2 Akkuteknologiaa eteenpäin vieviä ajureita

Akkuteknologian kehityksen kannalta erittäin merkittäviä eteenpäin vieviä ajureita olivat kyselyyn vastanneiden asiantuntijoiden mielestä mm. päästöttömyyden tavoittelu, kriittiset akkumineraalit, luonnonvarojen säilyvyys ja kestävä kehitys. Merkittäviä ajureita olivat yritysten kilpailukyyn parantaminen, kestävä kehitys sekä kierrätys.

Taulukko 4. Akkuteknologian kehityksen kannalta eteenpäin vieviä ajureita.

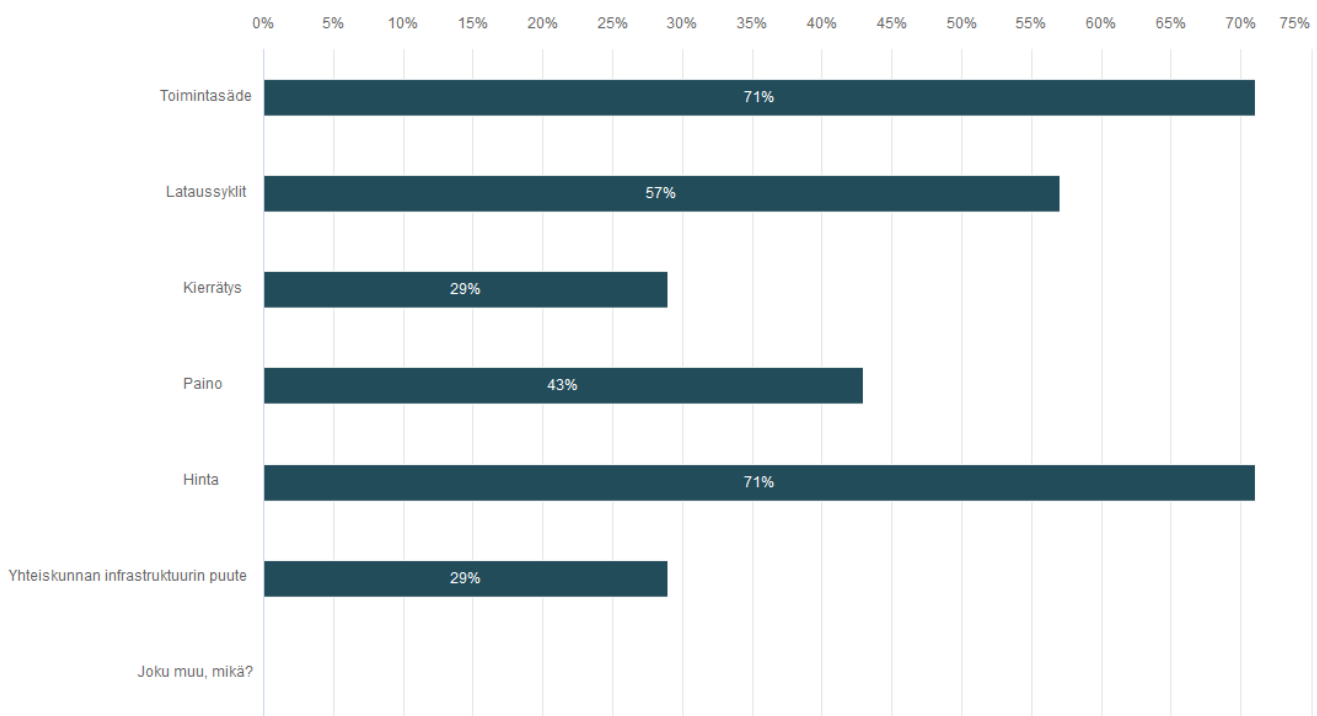
	Ei ole merkittävä	Vähän merkittävä	Kohtalainen	Merkittävä	Erittäin merkittävä
Päästöttömyyden tavoittelu	0%	0%	0%	14,29%	85,71%
Luonnonvarojen säilyvyys (mm. öljyttömyys)	0%	14,28%	0%	42,86%	42,86%
Mahdollisuus ylläpitää tavaravirtoja	14,28%	14,29%	28,57%	42,86%	0%
Kilpailukyyn parantaminen	0%	0%	14,29%	57,14%	28,57%
kestävä kehitys	0%	0%	0%	57,14%	42,86%
Kierrätys	0%	0%	14,28%	71,43%	14,29%
Joku muu, mikä?	0%	0%	0%	0%	100%

Yllä olevassa taulukossa on esitetty akkuteknologiaa eteenpäin vieviä ajureita. Tämän lisäksi oli vielä mainittu kriittiset akkumineraalit, jotka olivat mainittu myös ennen kuviota.

Myös muita peräänkuulutettavia asioita kehityksen eteenpäin viemiseksi suomalaisessa akkuekosysteemissä oli peräänkuulutus Suomen akkuklusterin jatkuvan kehittämisen tarve osana vahvaa eurooppalaista akkuekosysteemiä. Tämä on myös tullut teorialuvassa hyvin esille. Monet kestävien ratkaisujen sekä akkuteknologian kehityksen toteuttajat ja toimijat ovat sitä mieltä, että Suomen tulee pyrkiä aktiivisen yhteistyöhön kansainvälisillä innovaatioalustoissa. Näistä Suomelle helpoin on Euroopan unionin innovaatioalustat sekä -hankkeet.

5.2.3 Akkuteknologian kehityksen suurimmat haasteet

Kyselyyn vastanneiden asiantuntijoiden mielestä suurimpia haasteita henkilö- ja tavara-
virtojen myötä akkujen ominaisuuksille ovat toimintasäde, lataussyklit sekä hinta. Muita
haasteita tuovat akkujen huono energiatiheys verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin, esi-
merkiksi raskaampi liikenne vaatii energiatehokkaampia vaihtoehtoja kuin akkuja. Vähi-
ten haasteita tuottavat kierrätys, paino sekä yhteiskunnan infrastruktuurin puute. Akku-
teknologian suhteen haasteita tuo optimointi.



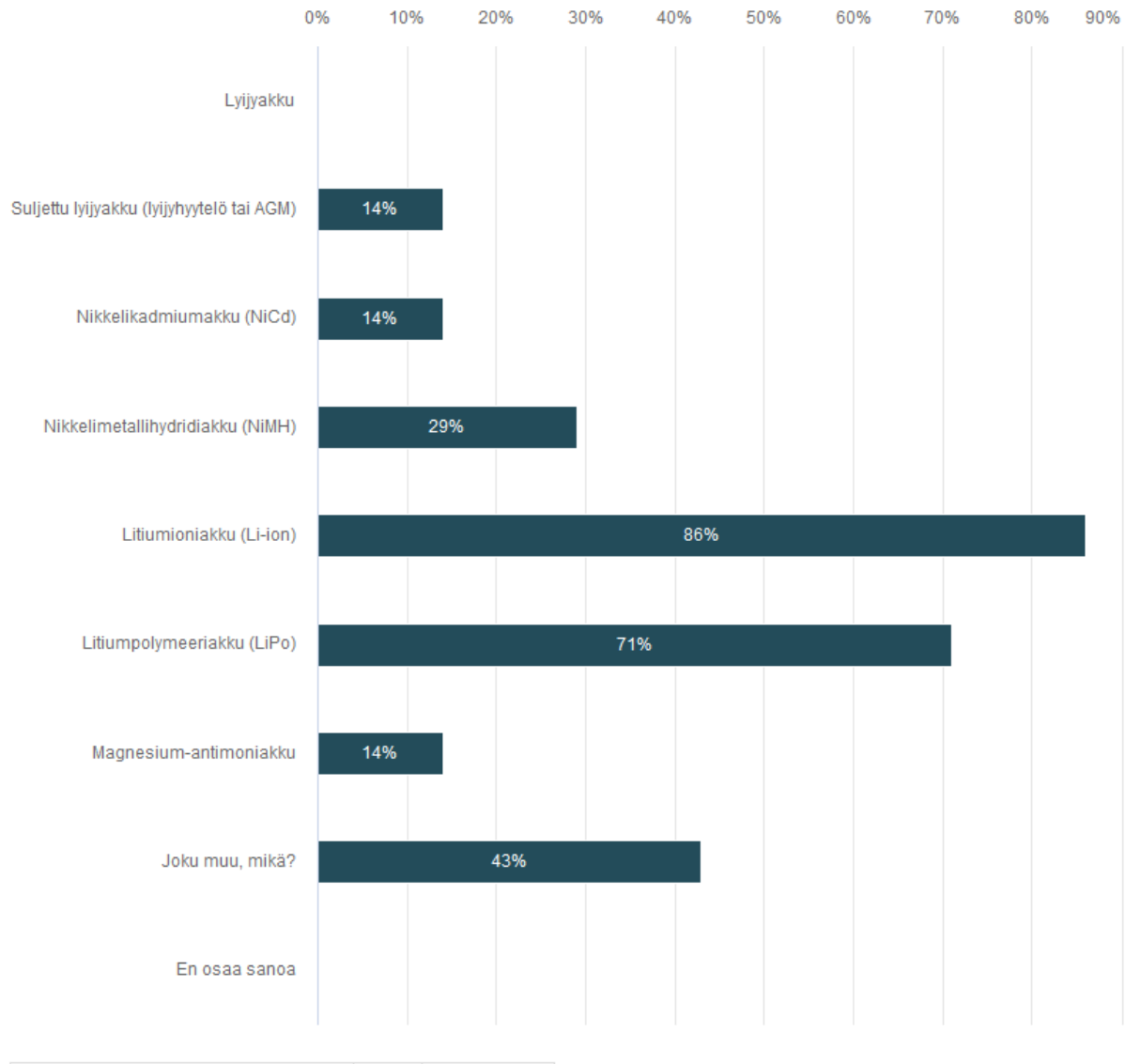
Kuvio 9. Tavara- ja henkilöliikenteen suurimpia haasteita.

Yllä olevassa kuviossa on esitetty suurimmat haasteet akkujen ominaisuuksille tavara- ja henkilövirtojen toteutukseen. Kuviosta voidaan huomata, kuten aikaisemminkin todettu, että haastateltavien mukaan suurimmat haasteet olivat toimintasäde, lataussyklien määrä sekä yksinkertaisesti hinta. Yhteiskunnan infrastruktuurin puute sekä kierrätyksen järjestämistä ei pidetty kovinkaan merkittävänä haasteina.

5.2.4 Tulevaisuudessa eniten kehityskelpoisimmat akkuteknologiat

16. Mitkä ovat ne akkuteknologiat, jotka tulevaisuudessa ovat kaikista kehityskelpoisimmat? Rastita kehityskelpoiset

Vastaajien määrä: 7, valittujen vastausten lukumäärä: 19



Kuvio 10. Kehityskelpoisimmat akkuteknologiat.

Yllä olevassa kuviossa on asiantuntijoiden mielestä kaikkein kehityskelpoisimmat akkuteknologiat. Litiumioniakku on litiumpolymeeriakun kanssa kaikkein kehityskelpoisimmat. Huomattavaa on se, että lyijyakkuteknologia, jota vieläkin esiintyy eniten maailmalla, on kaikista vähiten kehityskelpoinen.

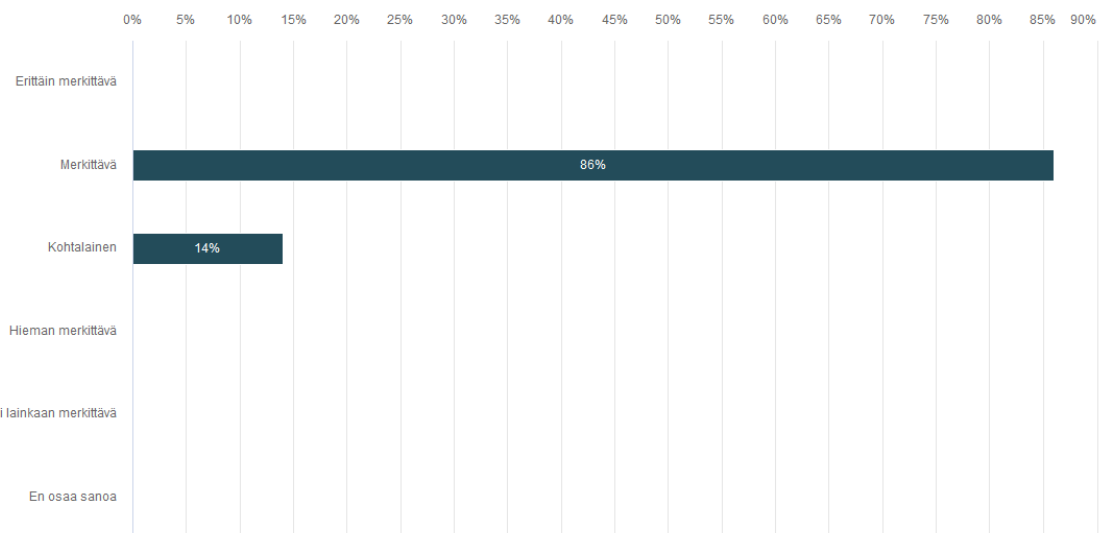
Näiden kysymysten lisäksi tiedusteltiin mahdollisista muista teknologioista. Kysymyksen vastauksista nousi vielä muutamia kehityskelpoisia akkuteknologioita. Näitä olivat mm. kiinteän olomuodon akut, virtausakut, orgaaniset virtausakut.

Vastauksen tulokset eivät oikeastaan yllätä ollenkaan. Litiumioniakkuteknologian kehittämistä pidetään hyvinkin monesti tällä hetkellä kaikkein kehityskelpoisimpana. Lyijy-akuille tyypillisiä ongelmia ei litiumioniakkuteknologiassa hirveästi ole.

5.2.5 Vastaukset liittyen skenaarioiden aikajanaan

17. Mikä on akkuteknologian merkitys tavara- ja liikennevirtojen toteutumisessa ja ylläpidossa 10 vuoden kuluttua?

Vastaajien määrä: 7

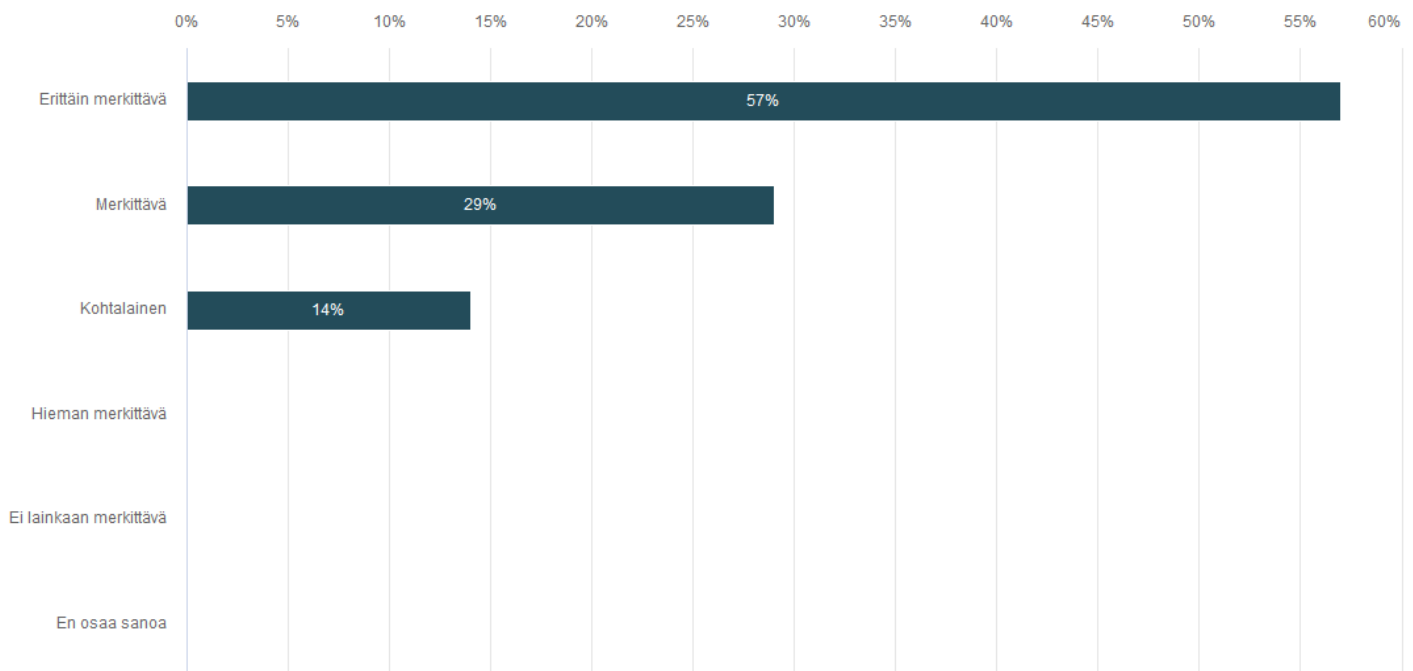


Kuvio 11. Akkuteknologian merkitys 10 vuoden kuluttua.

Asiantuntijoiden mielestä tavara- ja liikennevirtojen toteutumisessa 10 vuoden kuluttua, on akkuteknologialla merkittävä ja kohtalainen rooli.

18. Mikä on akkuteknologian merkitys tavara- ja liikennevirtojen toteutumisessa ja ylläpidossa 20 vuoden kuluttua

Vastaajien määrä: 7



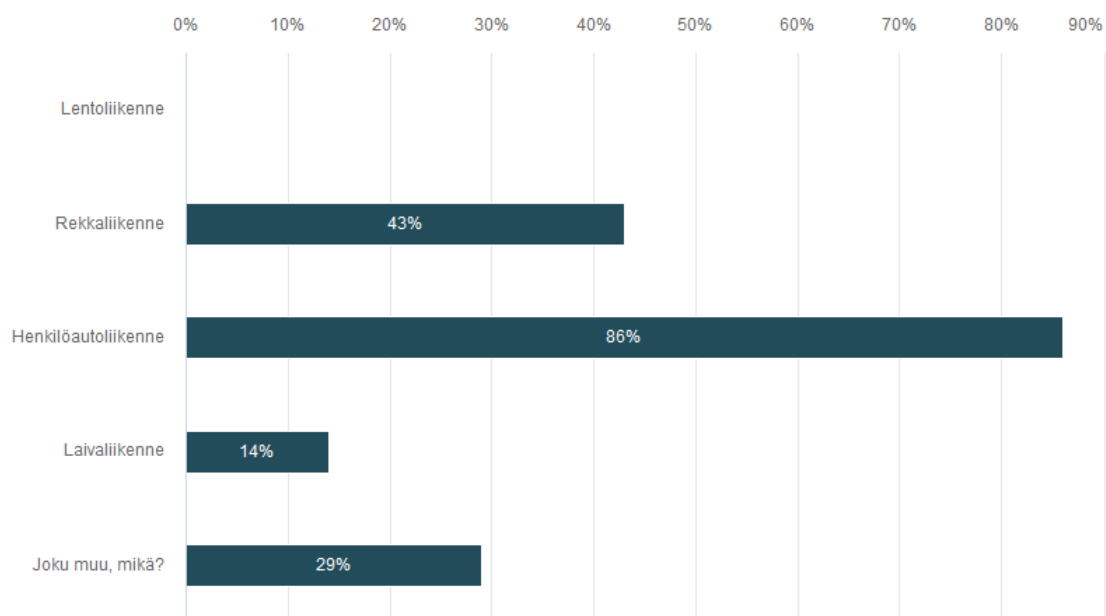
Kuvio 12. Akkuteknologian merkitys 20 vuoden kuluttua.

Vaikka akkuteknologian rooli ja merkitys tavara- ja liikennevirtojen toteutumiseen olivatkin vain merkittävää ja kohtalaista 10 vuoden kuluttua (kuvio 12), kuitenkin 20 vuoden ajanjakson kuluttua niiden merkitys on kasvanut merkittäväksi ja erittäin merkittäväksi.

Asiatuntijapaneelin vastauksista voidaan päätellä, että akkuteknologian tai jonkin muun päästöttömän vaihtoehdon avulla tullaan todennäköisesti seuraavan 10 ja 20 vuoden aikana korvaamaan ainakin osin tai kokonaan tavaraliikenneajoneuvojen käyttövoima. Tämä tukee hyvin esimerkiksi Suomen kansallista tai Euroopan unionin kansainvälistä tavoitetta pyrkiä minimoimaan päästöjä ja saavuttamaan päästötavoitteet 2030 ja 2055 mennessä.

21. Mitkä eri tavara- ja ihmisvirrat ovat mahdollista tehdä täysin sähköllä toimiviksi akkuteknologian avulla 2040?

Vastaajien määrä: 7, valittujen vastausten lukumäärä: 12



Kuvio 13. Eri liikennemuotojen sähköistyminen 2040 mennessä.

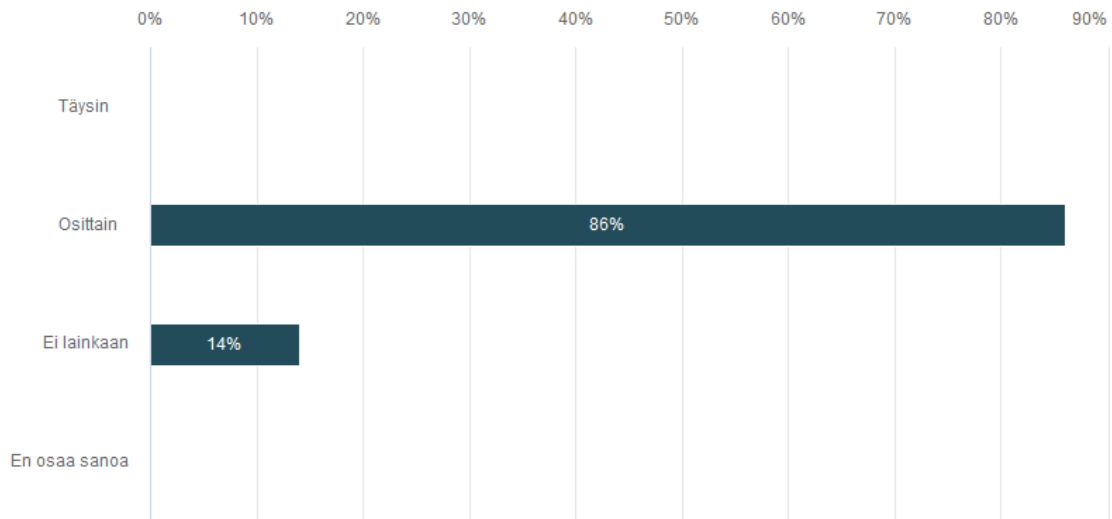
Kyselyyn vastanneiden mielestä vuoteen 2040 mennessä kaikki muut liikenteen muodot kuin lentoliikenne ovat mahdollista toteuttaa täysin sähköisesti. Kuten yllä olevasta kuvista on mahdollista nähdä, vastaajista 86 prosenttia uskon henkiloautoliikenteen täyteen sähköistymiseen vuonna 2040 mennessä. Vastaajien mielestä myös 43 prosenttia näkee mahdolliseksi rekkaliikenteen sähköistymisen. Laivaliikenteen teknologian kehitykseen uskoi 14 prosenttia vastaajista. 29 prosenttia vastaajista vastasivat jonkun muun liikenne muodon sähköistymiseen kuin listatut. Näitä muita olivat mm. julkisen liikenteen eli bussiliikenteen sekä moottoripyörien.

Kuvion 12 mukaan asiantuntijat uskovat vuoteen 2040 mennessä täysin sähköisen teknologian mahdollisuuksiin. Kuitenkin vuoteen 2030 mennessä liikenne- ja tavaravirrat tulevat todennäköisesti olemaan ainoastaan osittain päästöttömiä. Myös muiden vaihtoehtoisten uusiutuvien polttoaineiden uskotaan olevan merkittävässä roolissa liikenteen tulevaisuudessa. Näistä mainittiin ainakin biopolttoaineet kuten esim. maakaasu. Myös skaalautuvuuden vuoksi peräänkuulutettiin yleisistä materiaaleista rakennettavia

akkuja, jolloin raaka-ainetuotanto ei ole sidoksissa harvinaisiin materiaaleihin kuten litiumioniakkujen kohdalla.

20. Jotkin muut kuin akkuteknologiaan pohjautuvat moottorit tulevat korvaamaan öljyyn pohjautuvat 2030 mennessä?

Vastaajien määrä: 7



Kuvio 14. Muiden kuin akkuihin perustuvien moottorien merkitys.

Kuviossa 14 on esitetty asiantuntijoiden mielipide siitä, että muitakin mahdollisuuksia on fossiilisten polttoaineiden korvaajaksi kuin ainoastaan akkuteknologiaan perustuvat täysisähköiset moottorit. Varsinkin rekkaliikenteen kohdalla useasti puhutaan biopolttoaineista kuten esimerkiksi maakaasusta tai vetypolttokeinoista.

5.3 Skenaariot

Tässä alaluvussa esitellään aiemman haastattelun perusteella muodostetut skenaariot. Skenaariot perustuvat tehtyyn SWOT-analyysiin, haastatteluaineistoon sekä teoria luvuissa kaksi ja kolme tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen. Skenaarioita on vastausten perusteella muodostettu kolme. Skenaarioiden suurin eroavaisuus on aikajana, jolloin akkuteknologian innovaatiot tapahtuvat. Skenaariot ovat jaoteltu nopean kehityksen, maltillisen kehityksen ja hitaan kehityksen skenaarioihin.

5.3.1 Nopean kehityksen skenaario

Akkuteknologian kehitys on nopeaa ja innovaatioita syntyy kansainvälisen yhteistyön tuloksena. Tämän ansiosta akkutyypit kehittyvät ja tämän kehityksen ansiosta ne saavat uusia ominaisuuksia, minkä johdosta uudenlaisia kokonaan sähköllä toimivia henkilöautoja pystytään valmistamaan. Myös moottoripyörät sähköistyvät täysin. Paikallisten linja-autojen käyttövoima voidaan täysin korvata sähkömoottoreilla. Pitemmän matkan reittiliikenne tulee olemaan myös täysin sähköistä. Henkilöliikenteen osalta tieliikenteeseen asetetut päästötavoitteet tulevat onnistumaan 2030 mennessä, ja Suomi onnistuu puollittamaan päästönsä. Myös vuoden 2050 päästötavoite tulee onnistumaan, ainakin henkilöliikenteen osalta.

Tavaraliikenteen osalta ainakin rekkojen käyttövoima tulevat akkuteknologian innovaatioiden myötä sähköistymään, jos ei kokonaan niin ainakin osittain. Rekkaliikenne siirtyy käyttämään myös erilaisia vaihtoehtoisia malleja kuten vetypolttoainetta sekä biopolttoaineita kuten maakaasua. Lisäksi meriliikenteessä erilaiset hybridimoottorit ovat arkipäivää. Sähköistymisen johdosta öljypohjaisista polttomoottoreista pystytään kuitenkin ainakin osittain luopumaan ja uusiutuvaan teknologiaan perustuvat polttoaineet korvaavat öljyn käytön polttoaineissa. Tavaraliikenteen kohdalla kuitenkin täysin sähköistymisen on erittäin lähellä.

Lentoliikenne sähköistyy ainoastaan lyhyillä matkoilla ja pienillä henkilö/tavara määrillä. Merenkurkun neuvoston FAIR-hanke onnistuu muodostamaan pieniä reittilentoja Merenkurkun yli. Muutenkin erilaiset hankkeet onnistuvat tavoitteissaan, ja erilaisia akkuteknologian ratkaisuja syntyy jatkuvasti.

Tämän skenaarion myötä öljyä ja muita fossiilisia polttoaineita voidaan säännöstellä ja niiden riittävyys sen hetkisen kulutuksen mukaan voidaan laskea pitkälle tulevaisuuteen. Tämä luo yhteiskunnalle tilanteen, jossa öljyn huipun merkitys siirtyy tulevaisuuteen.

Akkuteknologian kehityksen myötä myös erilaiset uusiutuvat energiamuodot tulevat yleistymään, esimerkiksi aurinkoenergian talteenotto helpottuu sekä tulee taloudellisesti kannattavammaksi. Myös energian siirto ja erilaisten vaihtoehtoisten sähkön jakelun infrastruktuurien muutokset ovat mahdollista. Nämä mahdollistavat uudenlaisia ja erilaisia ratkaisuja, joiden avulla voidaan ottaa ympäristö sekä ilmasto paremmin huomioon.

Euroopan unioni sekä Suomi ovat edelläkävijöitä erilaisten akkuteknologian kierrätysten ja kiertotalous järjestelmien käyttöönotossa. Tämä helpottaa huomattavasti poliittista päätöksentekoa, koska akkuteknologian kehityksen avulla fossiiliset polttoaineet eivät ole niin suuressa osassa kuin aikaisemmin.

5.3.2 Maltillisen kehityksen skenaario

Akkuteknologia innovaatiot ovat maltillisia ja kohtalaisessa ajassa tapahtuvia. Suomen osalta liikenteen päästötavoitteisiin ei täysin päästä mutta ei niiden osalta hirveän kauaksikaan jäädä. Akkuteknologian ansiosta sähköajoneuvoja on enemmän mutta niiden ominaisuudet eivät korvaa vieläkään täysin polttomoottoria käyttäviä ajoneuvoja. Julkiset kulkuvälineet kuten paikalliset linja-autot toimivat biokaasulla, hybridinä tai perinteisillä fossiilisilla polttoaineilla.

Tavaraliikenne eli rekka- ja meriliikenne toimii osittain täysin fossiilisilla polttoaineilla. Vaihtoehtoiset moottorit alkavat maltillisesti korvaamaan polttomoottorit. Näitä vaihtoehtoisia moottoreita ja polttoaineita ovat esimerkiksi biopolttoaineisiin pohjautuvat moottorit. Esimerkiksi maakaasun avulla pystytään pienentämään rekkaliikenteestä tulevia haitallisia päästöjä. Myös erilaisia hybridimoottoreita on teoriassa kehitteillä, mutta massatuotantoon ne eivät ole vielä päässeet. Eri innovaatioalustat ja akkuteknologian parissa toimivat tahot eivät ole täysin onnistuneet kehittää ominaisuuksiltaan akkua, joka pienentäisi niiden fyysistä massaa, samalla parantaen toimintavarmuutta sekä lataussyklien määrää. Akkujen hyötysuhde pysyy myös pienenä.

Öljy on vieläkin suuressa roolissa ja näkyy aivan kaikkialla. Öljyn huippu tapahtuessaan vaikuttaa merkittävästi yhteiskunnan toimintaan kallistaen liikkumista sekä vaikeuttaen tavaraliikenteen toteutumista. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on jatkuvaa ja yhteiskunta joutuu olemaan siitä riippuvainen. Toki vaikka akkuteknologian kehitys onkin maltillisempaa, tulee se vaikuttamaan positiivisesti moneen eri yhteiskunnan osa-alueeseen. Henkilöautojen lisäksi se tulee vaikuttamaan positiivisesti esimerkiksi aurinkopaneelien ja muiden uusiutuvien energiamuotojen jakeluun ja varastointiin. Tämä pienentää hieman päästöjä mutta ei kuitenkaan niin paljon, että päästötavoitteisiin päästäisiin.

Merenkurkun neuvoston FAIR-hanke onnistuu mutta hitaammin kuin skenaariossa, jossa akkuteknologia kehittyy nopeasti. Hanke ei ole myöskään niin suuri kuin aiemmassa skenaariossa.

EU:n alueella ja Suomessa kiertotalousjärjestelmät kehittyvät ja kierrätys on hyvällä mallilla. Tämä helpottaa hieman maltillisen kehityksen luomaa painetta ilmastoon ja ympäristöön. Todennäköisesti Suomi ja EU ovat silti edelläkävijöitä monella akkuteknologian kehityksen osa-alueella ja varsinkin kiertotalouden sekä kierrätyksen saralla.

Tämä skenaario ei kuitenkaan ole katastrofaalinen, vaan enemmänkin maltillinen. Negatiiviset puolet eivät ole liian suuret verrattuna nopean kehityksen skenaarioon. Akkuteknologian merkitys, jopa hitaampanakin, tulee silti olemaan yhteiskunnalle merkittävä.

5.3.3 Hitaan kehityksen skenaario

Akkuteknologian kehitys on hidasta. Hitaus tarkoittaa henkilöautoliikenteen sähköistämättä jäämistä. Suurin osa henkilöautoliikenteestä toimii vieläkin fossiilisilla polttoaineilla. Linja-autot toimivat hybridimallisilla moottoreilla, jotka hyödyntävät akkuja tai kokonaan fossiilisilla polttoaineilla. Joitain mahdollisia biopolttoaineita on kehitetty, mutta

ne ovat suuressa osin ainoastaan paikallisliikenteen käytössä. Tämä siksi että hybridi ratkaisujen sekä biopolttoaineratkaisujen toimintasäde on huomattavasti fossiilisia polttoaineratkaisuja kuten öljyä pienempi.

Tavaraliikenne pysyy osittain fossiilisten polttoaineiden pyörittämänä. Jotkut tavaraliikenteen muodot, kuten esimerkiksi rekat toimivat mahdollisesti osittain biopolttoaineilla sekä osittain erilaisten hybridimoottorien avulla. Laivaliikenne pysyy pitkään samanlaisena kuin se oli ennen skenaarioita. Meriliikenteen osalta fossiiliset polttoaineet ovat pitkään päätoiminen polttoaine, eikä hybridiratkaisuja tai akkuteknologiaan perustuvia ratkaisuja ole näkyvissä, vaikka niitä yritetäänkin kehittää. Lentoliikenne on sähköinen ainoastaan todella pienillä matkoilla ja kuormilla. Lentoliikenteen sähköistyminen pysyy lähinnä teoreettisen tutkimuksen tavoitteena. FAIR-hanke ei toteudu ainakaan täysin niin kattavana kuin suunnitelmissa.

Akkujen kierrätysjärjestelmät kehittyvät mutta eivät pysty täysin täyttämään kysyntää, ja paljon vanhoja akkuja päätyy vieläkin päästöinä ja jätteenä luontoon. Kiertotalous ei myöskään täysin onnistu tavoitteissaan ainakaan samaan aikatauluun kuin nopeassa ja maltillisessa skenaariossa. EU ja Suomi yrittävät olla edelläkävijöitä ja todennäköisesti ovatkin, vaikka kiertotalous ja kierrätys Hankkeet eivät täysin vastaakaan hankkeiden alkuperäisiä tavoitteita sekä aikataulua.

Suomen ja EU:n päästötavoitteet toteutuvat ainoastaan osittain ja aikataulut hidastuvat huomattavasti. Tämä näkyy tavoitteiden siirtämisellä vuosilla eteenpäin. Päästöjä pystytään pienentämään mutta ei halutulla nopeudella.

6 Johtopäätökset

Akkuteknologian merkitys tulevaisuuden ilmastokysymyksiin vastaamisessa tulee olemaan merkittävä. Erilaisten akkuteknologisten ratkaisujen avulla pystytään vastaamaan erilaisten ilmastomuutoksen luomiin haasteisiin. Esimerkiksi eri toimijoiden muodostamiin poliittisiin ilmasto- sekä päästötavoitteisiin voidaan hyvinkin päästä kehittyvien akkuteknologioiden ansiosta.

Tällä hetkellä akkuteknologiat kuitenkin eivät pysty vielä kattavasti taistelemaan ilmastomuutosta vastaan, vaan erilaisia isoja innovaatioita tarvitaan. Suurimmat haasteet tulevat olemaan tavaraliikenteen muovaaminen kohti hybridi- tai sähköajoneuvoja tai ladatavia hybridiajoneuvoja. Suurimmat ongelmat näkyvät tavaraliikenteessä akkujen suhteellisen massan ongelmana. Tällä ongelmalla tarkoitetaan sitä, että akkujen ominaispaino on liian iso suhteessa mahdolliseen kuormaan. Tässä öljypohjaiset polttomoottorit ovat vielä valovuosia edellä. Tosin toivoa varsinkin isojen laivojen suhteen on. Erilaisia laivojen hybridimoottoreita on kehitteillä. Ainakin Wärtsilä pyrkii sähköistämään omien moottoriensa toimintaa.

Toinen kipukohta akkuteknologian käytännön sovellusten kohdalla on lentoliikenne. Lentoliikenne on yksi suurimpia päästöjen aiheuttajia. Myös lentomatkustamisen taloudellisuus yksityisille matkailijoille on kasvattanut jatkuvasti lentoliikenteen päästöjä. Ongelma lentoliikenteen suhteen on osin sama kuin tavaraliikenteen. Tällä hetkellä akkuteknologia ei kykene tarjoamaan lentoliikenteelle skaalautuvia ratkaisuja päästöongelmaan.

Suurimmat hyödyt akkuteknologian kehityksestä saat henkilöliikenne. Henkilöautot tulevat todennäköisesti olemaan ensimmäiset isosti skaalautuvat akkuteknologian käytännön sovellukset, jotka tiputtavat päästöjä. Henkilöautojen jälkeen perässä todennäköisesti tulevat joukkoliikenne sekä laivat. Henkilöautojen lisäksi myös moottoripyörät ja muut ajoneuvot kuten traktorit varmasti sähköistyvät muutaman vuoden kuluessa.

Tutkimuskysymyksiin löytyneet vastaukset olivat onnistuneet. Ensimmäiseen kysymykseen tutkimus onnistui vastaamaan luvuissa kaksi ja kolme, siitä mikä on nykyinen akkuteknologian tila ja miksi se vaatii innovaatiota. Se tarvitsee innovaatioita siitä syystä, että ilman isoa kehitystä akkuteknologian ominaisuudet eivät tule olemaan riittävät ilmasto- haasteisiin vastaamiseksi. Näitä haasteita ovat esimerkiksi akkujen ominaisuuksien va- jaavaisuudet kuten esimerkiksi sähköajoneuvojen toimintasäteen varmistaminen sekä akkujen pitkäikäisyys. Varsinkin litiumioniakkujen lataussykliä määrä ei ole tarvittava tällä hetkellä, jotta akun pitkäikäisyyden tavoite täyttyisi. Tällä hetkellä myös yhteiskun- nan infrastruktuuri ei ole riittävä sähköajoneuvojen käyttöönottoon isossa skaalassa.

Toiseen tutkimuskysymykseen vastattiin onnistuneesti tutkimuksen analyysiosuudessa, jossa päästiin haastattelumateriaalin avulla lopputulokseen, että akkuteknologialla on erittäin merkittävä rooli vähäpäästöisen tai jopa päästöttömämmän yhteiskunnan muo- dostumisessa. Esimerkiksi henkilöliikenteen päästöttömyyden saavuttaminen pelkäs- tään akkuteknologian avulla on mahdollista, olettaen että akkuteknologia kehittyy suun- taan, joka pystyy ohittamaan tämän hetken rajoitukset. Vaikka akkuteknologia ei yksi- nään pysty kokonaan poistamaan fossiilisten polttoaineiden käyttöä, voi se luoda sysäyk- sen ja mahdollisuuksia niiden tarpeen pienentämiselle.

Kolmanteen kysymykseen onnistuttiin vastaamaan niin teoriaosuudessa kuin myös ana- lyysiosioissa. Tarvittavat innovaatiot ja lähtökohdat akkuteknologian kehitykselle löyty- vät poliittisten toimijoiden kuten esimerkiksi Euroopan unionin sekä Suomen valtion avulla. Tällä tarkoitetaan sitä, että EU ja Suomi voivat luoda poliittisella päätöksenteolla ja tavoitteilla hyvät olosuhteet tarvittavien innovaatioiden syntyyn. Erilaisia innovaatio- alustoja sekä yhteistyöjärjestelmiä löytyy tällä hetkellä kattavasti. Esimerkiksi Euroopan unionin vihreän kehityksen ohjelma sekä siihen kuuluva akkustrategia ovat hyviä esi- merkkejä alustasta, joka luo kansainvälistä yhteistyötä sekä rahoittaa toimijoita, jotta edistystä tapahtuu. Suomen tasolla hyviä esimerkkejä hankkeista ja kehitysalustoista ovat esimerkiksi Merenkurkun neuvoston FAIR-hanke, sekä työ- ja elinkeinoministeriön akkustrategia.

6.1 Innovaatiot ja niiden toteutuminen

Euroopan unionin avustuksella innovaatioita tulee todennäköisesti tapahtumaan melko nopeallakin aikataululla. Erilaiset vihreän kehityksen ohjelmat sekä akkustrategia, ovat oiva esimerkki siitä miten poliittiset toimijat voivat laittaa pyörät pyörimään. Se määrää rahaa ja poliittista tahtoa, jota Euroopan unioni erilaisissa strategioissa on osoittanut, tulee todennäköisesti kantamaan hedelmää akkuteknologian innovaatioiden suhteen. Myös asiantuntijat uskoivat vakaasti siihen, että akkuteknologian innovaatioita saavutetaan lähivuosina.

Euroopan unionin erilaiset investointihankkeet ovat hyviä innovaatioalustoja rahoituksen, tunnistamisen sekä projektien läpiviennin kannalta. EU:n kattavat verkostot auttavat kansainvälisessä yhteistyössä eri sektorien välillä. Myös EU:n antama tuki päättäjille ja yksityisen puolen sijoittajille on tärkeää tulevaisuuden kestävien ratkaisujen innovointien takaamisessa.

Suomen kansalliset pyrkimykset valtiotasolta aina erilaisiin strategioihin sekä alustoihin tulevat todennäköisesti luomaan innovaatioita akkuteknologian sekä muiden kestävämpien vihreiden teollisuuden teknologioiden suhteen. Suomessa varsinkin on pyritty panostamaan kierrätykseen sekä akkumateriaalien valmistukseen. Erilaiset hankkeet kuten Merenkurkun neuvoston FAIR-hanke tulevat ajan kanssa luomaan kysyntää erilaisille akkupohjaisille järjestelmille, joka vaikuttaa akkujen kehitykseen.

Suomalaiset hankkeet vihreämmän kehityksen innovaatioiden puolesta ovat kansallisesti merkittäviä, ja pyrkivät pitämään Suomen mukana energiamurroksessa ja sen eri osa-alueilla. Tämä on tärkeää tulevaisuudessa sen vuoksi, että erilaisten energiamurrosten muodostamien mahdollisten taloudellisten hyötyjen määrä todennäköisesti kasvaa tulevaisuudessa. Suomalaiset päättäjät sekä erilaiset toimijat haluavat Suomen olevan kehityksen edistäjinä ja maksimaalisen hyödyn saajina. Tämä koskee muitakin hankkeita ja kehitysprojekteja kuin pelkästään akkuteknologian kehityksen edistämistä. Suomi kuitenkin pyrkii optimoimaan saadun hyödyn akkuteknologian ja -teollisuuden kehityksestä,

mikä on ilmaston luomien haasteisiin vastaamisessa erittäin tärkeää, koska se luo uusia ja parempia mahdollisuuksia torjua ja sopeutua ilmastomuutoksen aiheuttamiin olosuhteiden muutoksiin.

Innovaatioalustoista, kansallisella tasolla kuin myös kansainvälisellä tasolla, tehtävää tutkimusta tarvitaan enemmän ja kattavasti. Tämä edesauttaa erilaisten kestävä kehityksen projektien eteenpäin viemistä, sekä vahvistaa erilaisten innovaatioiden syntymistä. Innovaatioalustoilla tehty tutkimus on myös tärkeää siitä syystä, että sen avulla pystytään paremmin eri toimijoiden toimesta tunnistamaan erilaisten projektien tavoitteiden merkittävyys sekä tunnistamaan helpommin mahdollisesti elintärkeitä innovaatioita.

6.2 Johtopäätöksiä skenaarioista

Kuten voidaan skenaarioista nähdä, ovat ne lähtökohtaisesti hyvin samankaltaisia ja maltillisia. Tämä johtuu siitä, että akkuteknologian kehitys tulee hitaan kehityksen tapauksessakin olemaan jatkuvaa ja erittäin haluttua. Skenaarioiden erot muodostuvatkin hyvin pitkälle siitä, että nopean kehityksen skenaariossa tulee akkuteknologian avulla hyvinkin nopeasti saavutettua ainakin teoriassa päästötön yhteiskunta, kun taas hitaimman kehityksen skenaariossa se vie hyvinkin paljon aikaa. Skenaarioiden toteutuminen onkin enemmän kiinni aikajänteestä ja niiden nopeudesta. Nopein skenaario tapahtuu nopeammin kuin maltillinen ja hitain.

Akkuteknologiaan uskotaan vahvasti. Asiantuntijoiden mielestä täysin sähköinen liikenne on tulevaisuudessa mahdollinen. Jopa rekkaliikenteen täyteen sähköistymiseen uskotaan vahvasti eri aloilla. Myös muiden kuin täysin sähköisten moottorien uskotaan avustavan haitallisten päästöjen pienentämisessä. Näistä mainitsemisen arvoisia teknologioita ovat mm. biopolttoaineet sekä vetypolttokennot.

Merkittävää skenaarioissa on myös se, että paneeli ei katsonut mahdolliseksi lentoliikenteen koko sähköistämistä, jolloin lentoliikenne ainakaan akkuteknologian avulla ei tule

kehittymää kohti kokonaan sähköistä lentämistä. Lentoliikenne todennäköisesti tulee olemaan viimeisimpiä liikenteen muotoja, joissa saadaan sähköistettyä koko liikenne ja näin ollen asetettu päästöttömyystavoite, vaikka pienten matkojen sekä pienten kuormien sähköinen lentoliikenne pystyttäisiinkin sähköistämään kokonaisuudessaan.

Tavaraliikenne tulee parhaimmassa tapauksessa ainakin olemaan sähköinen ja/tai ainakin osittain sähköinen. Sähköistyksen ohella muiden polttoaineratkaisujen merkitys on myös merkittävä. Päästöttömyyden tavoite saavutetaan nopeasti ainakin henkilöautojen osalta, mikäli nopein mahdollinen skenaario toteutuu. Tämä kuitenkin käytännössä vaatii suuriakin poliittisia sekä taloudellisia ponnistuksia, jotta se voisi toteutua täysimääräisesti. Varsinkin vanhojen henkilöautojen korvaaminen vähintäänkin lataushybrideillä vaatii poliittista sekä taloudellista suunnittelua.

Lähteet

Alasuutari, P. (2011). Laadullinen tutkimus 2.0, Vastapaino, Tampere. E-kirja. saatavissa 16.10.2020: <https://www.ellibslibrary.com/book/978-951-768-385-2>

Adolfsson-Tallqvist, J., Ek, S., Forstén, E., Heino, M., Holm, E., Jonsson, H., Lankiniemi, S., Pitkämäki, A., Pokela, P., Riikonen, J., Rinkkala, M., Ropponen, T., & Roschier, S. (2019). Batteries from Finland: Final Report. Raportti. Saatavissa 12.9.2020: https://www.businessfinland.fi/49cbd0/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy—cleantech/batteries-from-finland/batteries-from-finland-report_final_62019.pdf

Euroopan ilmailun ympäristöraportti. (2019). European Aviation Environmental Report 2019. Raportti. Saatavissa 17.7.2020: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2019-aviation-environmental-report.pdf>

Euroopan komissio. (2020). Commission Communication on the Sustainable Europe Investment Plan. Tiedoksianto. Saatavissa 19.8.2020: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_48

Euroopan komissio. (2019). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, Eurooppa-neuvostolle, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. Tiedonanto. Saatavissa 10.9.2020: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0003.0/DOC_1&format=PDF

Euroopan komissio. (2014). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Kohti kiertotaloutta: jätteen Eurooppa. Tiedonanto. Saatavissa 4.5.2020: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R(01)&from=EN)

Eurooppa-neuvosto. (2020). Submission by Croatia and the European Commission on behalf of the European Union and its Member States. Raportti. Saatavissa 5.6.2020: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/HR-03-06-2020%20EU%20Submission%20on%20Long%20term%20strategy.pdf>

Euroopan ympäristövirasto. (2019). Verkkosivut. Saatavissa 4.8.2020: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12>

Eskola, J. & Suoranta, J. (1998), Johdatus laadulliseen tutkimukseen, Vastapaino, Tampere, E-kirja, saatavissa 15.10.2020: <https://www.ellibslibrary.com/book/978-951-768-035-6>

Hirsch, R. L., Bezdek, R. & Wendling, R. (2005). Peaking of world oil production: Impacts Mitigation & Risk Management. Raportti. Saatavissa 10.8.2020: https://web.archive.org/web/20091215043338/http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf

Kauranen, P., Lundström, M., Lammi, M. & Kivikytö-Reponen. (2018). CloseLoop: politiikkasuositus. Saatavissa 25.6.2020: <http://closeloop.fi/wp-content/uploads/Suomi-kest%C3%A4v%C3%A4n-akkutuotannon-ja-kiertotalouden-mallimaaksi.pdf>

Karppinen, M., Kauranen, P., Lammi, M., Antikainen, M., Huttunen-Saarivirta, E., Kallio, T., Karttunen, A., Koukkari, P., Lundström, M., Majaniemi, S., Naumanen, M., & Repo, P. (2019). CloseLoop-loppuraportti. Saatavissa 26.6.2020: <http://closeloop.fi/wp-content/uploads/CloseLoopLoppuraportti5.1.pdf>

- Moon, K. J. & Hwang, J. (2016). Structural dynamics of innovation networks funded by the European Union in the context of systemic innovation of the renewable energy sector. Artikkel. Saatavissa 15.8.2020: <https://www.sciencedirect.com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S0301421516303007>
- Kuusi, O. (1999). Delfoi-metodi. Metodix nettisivut. Saatavissa 16.6.2019: <http://metodix.fi/2014/05/19/kuusi-delfoi-metodi/>
- Liimatainen, H. & Viri, R. (2017). Liikenteen päästötavoitteiden saavuttaminen 2030 – politiikkatoimenpiteiden tarkastelu. Suomen ilmastopaneelin raportti. Saatavissa 14.5.2020: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Ilmastopaneeli_Liikenne_2017.pdf
- Lindstad, H., Verbeek, R., Blok van Zyl, S., Hübscher, A., Kramer, H., Purwanto, J., Ivanova O. & Boonman, H. (2015). GHG emission reduction potential of EU-related maritime transport and on its impacts. Raportti Euroopan unionille. Saatavissa: 20.10.2020: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/shipping/docs/report_ghg_reduction_potential_en.pdf
- Linstone, H., Turoff, M. & Helmer, O. (2002). The Delphi Method: Techniques and Applications. E-kirja. Saatavissa 15.6.2019: <https://web.njit.edu/~turoff/pubs/delphibook/delphibook.pdf>
- Lovio, R. & Tuomi, T. (2018). Akkujen merkitys kasvaa: Milloin, miten ja millä edellytyksillä? – suomalaisten toimijoiden näkemyksiä vuoden 2018 alussa. Aalto yliopiston julkaisusarja CROSSOVER, Saatavissa 12.7.2020: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/33896/isbn9789526081946.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Nitta, N., Wu, F., Tae L. J. & Yshin, G. (2015). Li-ion battery materials: present and future. *materialstoday*. 18: 5. 252-264. Saatavissa 24.2.2019: <https://www.sciencedirect-com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S1369702114004118>
- Norouzi, F., Ziarani, Z. K. (2020). The fall of oil Age: A scenario planning approach over the last peak oil of human history by 2040. Artikkel. Saatavissa 13.6.2020: <https://www.sciencedirect-com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S092041051931246X#bib1>
- Merenkurkun neuvosto. (2020). Verkkosivut. Saatavissa 14.8.2020: <https://www.kvarken.org/hankkeet/fair/>
- Pollet, B. G., Staffell, I. & Shang, J. L. (2012). Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects. *Electrochimica Acta*, 84. 235-249. Saatavissa 10.5.2019: <http://www.bruno-pollet.com/wp-content/uploads/2013/09/Current-status-of-hybrid-battery-and-fuel-cell-electric-vehicles-From-electrochemistry-to-market-prospects.pdf>
- Rubin, A. (2004). Tulevaisuudentutkimus tiedonalana. TOPI – Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit. Tulevaisuuden tutkimuskeskus. Verkkosivu. Saatavissa 10.6.2019: <https://tulevaisuus.fi/metodit/skenaarioajattelu-tulevaisuudentutkimuksessa>
- Sitra. (2018). Megatrendikortit. Saatavissa 24.2.2019: <https://media.sitra.fi/2018/09/03142041/megatrendikortitwebfin31-08-2018.pdf>
- Sovacool, B. K., Kester, J., Noel, L. & Zarazua de Rubens, G. (2020). Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review. Artikkel. Saatavissa 15.10.2020: <https://www.sciencedirect-com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S1364032120302549>

Tilastokeskus. (2020). Ympäristö ja luonnonvarat 2020. Raportti. Saatavissa 17.4.2020: https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2020). Nettisivut. Saatavissa 20.7.2020: <https://tem.fi/-/akkustrategialla-vahvistetaan-suomen-asemaa-kestavan-akkuotuotannon-edellakavijana>

Valio, J. (2019). Selvitys. Saatavissa 15.4.2020: <https://media.sitra.fi/2018/06/17112857/tulevaisuuden-akkuekosysteemi-nykytilaselvitys-2.0-10.0.6.2019.pdf>

Valtioneuvosto. (2019). Sanna Marinin hallituksen hallitusohjelma. E-kirja. Saatavissa 13.7.2020: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161931/VN_2019_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wang, L., Wang, X. & Yang, W. (2020). Design of electric vehicle battery recycling network—From the perspective of electric vehicle manufacturers. Artikkel. Saatavissa 1.10.2020: <https://www.sciencedirect.com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S0306261920308400>

World Wildlife Fund for Nature. (2016). Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era. Raportti. Saatavissa 9.9.2018: https://www.footprintnetwork.org/content/documents/2016_Living_Planet_Report_Lo.pdf

Wärtsilä. (2018). Esite. Saatavissa 14.5.2020: <https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/hybrid/wartsila-hy-2018.pdf>

Zhang, Q., Li, C., & Wu, Y. (2017). Analysis of Research and Development Trend of the Battery Technology in Electric Vehicle with the Perspective of Patent. *Energy Procedia*. 105. 4274-4260. Saatavissa 25.2.2019: [https://ac-els-cdncom.proxy.uwasa.fi/S1876610217310172/1-s2.0-S1876610217310172- main.pdf?_tid=5a3f0ce8-0e39-4f91-90be-92a0be3c7fcc&acdnat=1551623970_a169b43a33b0ab14e4bfb87edd693272](https://ac-els-cdn.com.proxy.uwasa.fi/S1876610217310172/1-s2.0-S1876610217310172-main.pdf?_tid=5a3f0ce8-0e39-4f91-90be-92a0be3c7fcc&acdnat=1551623970_a169b43a33b0ab14e4bfb87edd693272)